



TESIS - TE142599

**OPTIMISASI PERAMALAN BEBAN JANGKA PENDEK
UNTUK HARI LIBUR NASIONAL MENGGUNAKAN
*INTERVAL TYPE-2 FUZZY INFERENCE SYSTEM-
BIG BANG-BIG CRUNCH ALGORITHM*
(STUDI KASUS : SISTEM KELISTRIKAN KALIMANTAN
SELATAN DAN TENGAH)**

AKHMAD RAMADHANI
2213201001

DOSEN PEMBIMBING
Prof. Dr. Ir. Imam Robandi, MT.

PROGRAM MAGISTER
BIDANG KEAHLIAN TEKNIK SISTEM TENAGA
PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2015



TESIS - TE142599

**OPTIMIZATION SHORT TERM LOAD FORECASTING
FOR NATIONAL HOLIDAY USING INTERVAL TYPE-2
FUZZY INFERENCE SYSTEM-BIG BANG-BIG CRUNCH
ALGORITHM (CASE STUDY : SOUTH AND CENTRAL
KALIMANTAN POWER SYSTEM ELECTRICITY)**

AKHMAD RAMADHANI
2213201001

ADVISOR
Prof. Dr. Ir. Imam Robandi, MT.

MAGISTER PROGRAM
POWER SYSTEM ENGINEERING
ELECTRICAL ENGINEERING DEPARTMENT
FACULTY OF INDUSTRIAL TECHNOLOGY
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2015


Tesis ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar
Magister Teknik (MT)

Di
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :
Akhmad Ramadhani
NRP. 2213201001

Tanggal Ujian : 9 Januari 2015
Periode Wisuda : Maret 2015


Disetujui Oleh :


1. Prof. Dr. Imam Robandi, MT
NIP. 196308171990031001


(Pembimbing)


2. Prof. Ir. Mochamad Ashari, M.Eng., Ph.D
NIP. 196510121990031003


(Penguji)


3. Dr. Ardyono Priyadi, ST., M.Eng
NIP. 197309271998031004

(Penguji)


4. Heri Suryoatmojo, ST., MT., Ph.D
NIP. 198006032006041003

(Penguji)



5. Dr. Ir. Soedibjo, M.MT
NIP. 195512071980031004

(Penguji)


6. Dedet Candra Riawan, ST., M.Eng., Ph.D
NIP. 197311192000031001

(Penguji)

Direktur Program Pascasarjana


Prof. Dr. Ir. Adi Soeprijanto, MT
NIP. 196404051990021001

**OPTIMISASI PERAMALAN BEBAN JANGKA PENDEK UNTUK HARI
LIBUR NASIONAL MENGGUNAKAN *INTERVAL TYPE-2 FUZZY
INFERENCE SYSTEM-BIG BANG-BIG CRUNCH ALGORITHM*
(STUDI KASUS : SISTEM KELISTRIKAN KALIMANTAN SELATAN DAN
TENGAH)**

Nama : Akhmad Ramadhani

NRP : 2213201001

Dosen Pembimbing : Prof.Dr.Ir.Imam Robandi, MT

ABSTRAK

Secara umum, kelistrikan pada tiap daerah atau tempat tertentu memiliki perbedaan karakteristik beban, hal ini tergantung pada perilaku (*behavior*) beban tempat tersebut. Pada penelitian ini, sistem kelistrikan di Kalimantan Selatan dan Tengah dijadikan sebagai studi kasus peramalan beban jangka pendek untuk 14 hari libur nasional.

Fuzzy Logic merupakan salah satu metode dalam peramalan beban jangka pendek, pada penelitian ini menggunakan *Interval Type-2 Fuzzy Inference System (IT2FIS)* karena memiliki fleksibilitas yang tinggi sehingga dapat dikembangkan menggunakan metode lain (*hybrid*). *Big Bang-Big Crunch Algorithm* merupakan metode baru yang digunakan untuk mengoptimisasi *footprint of uncertainty (FOU)* *membership function* dari *Interval Type-2 Fuzzy Inference System (IT2FIS)* tersebut.

Big Bang-Big Crunch Algorithm merupakan metode optimisasi yang *low computation cost* dan memiliki kecepatan konvergen yang tinggi. Optimisasi *FOU* dari *Interval Type-2 Fuzzy Inference System* menggunakan *Big Bang-Big Crunch Algorithm* diaplikasikan untuk peramalan beban jangka pendek pada hari libur nasional studi kasus sistem kelistrikan Kalimantan Selatan dan Tengah.

Hasil perhitungan error menggunakan metode *IT2FIS-BBBC*, menunjukkan nilai *Main Absolute Percentage Error (MAPE)* lebih kecil dibandingkan dengan metode sebelumnya menggunakan *IT2FIS*. Metode peramalan tersebut memiliki *MAPE* terendah pada tahun 2008 sebesar 0,524%, sedangkan *MAPE* tertinggi pada tahun 2011 yaitu sebesar 1,312%.

Kata Kunci : Peramalan Beban Jangka Pendek; *Interval Type-2 Fuzzy Inference System*; *Big Bang-Big Crunch Algorithm*; *Main Absolute Percentage Error (MAPE)*

OPTIMIZATION SHORT TERM LOAD FORECASTING FOR NATIONAL HOLIDAY USING INTERVAL TYPE-2 FUZZY INFERENCE SYSTEM-BIG BANG-BIG CRUNCH ALGORITHM (CASE STUDY : SOUTH AND CENTRAL KALIMANTAN POWER SYSTEM ELECTRICITY)

Student name : Akhmad Ramadhani

NRP : 2213201001

Advisor : Prof.Dr.Ir.Imam Robandi, MT

ABSTRACT

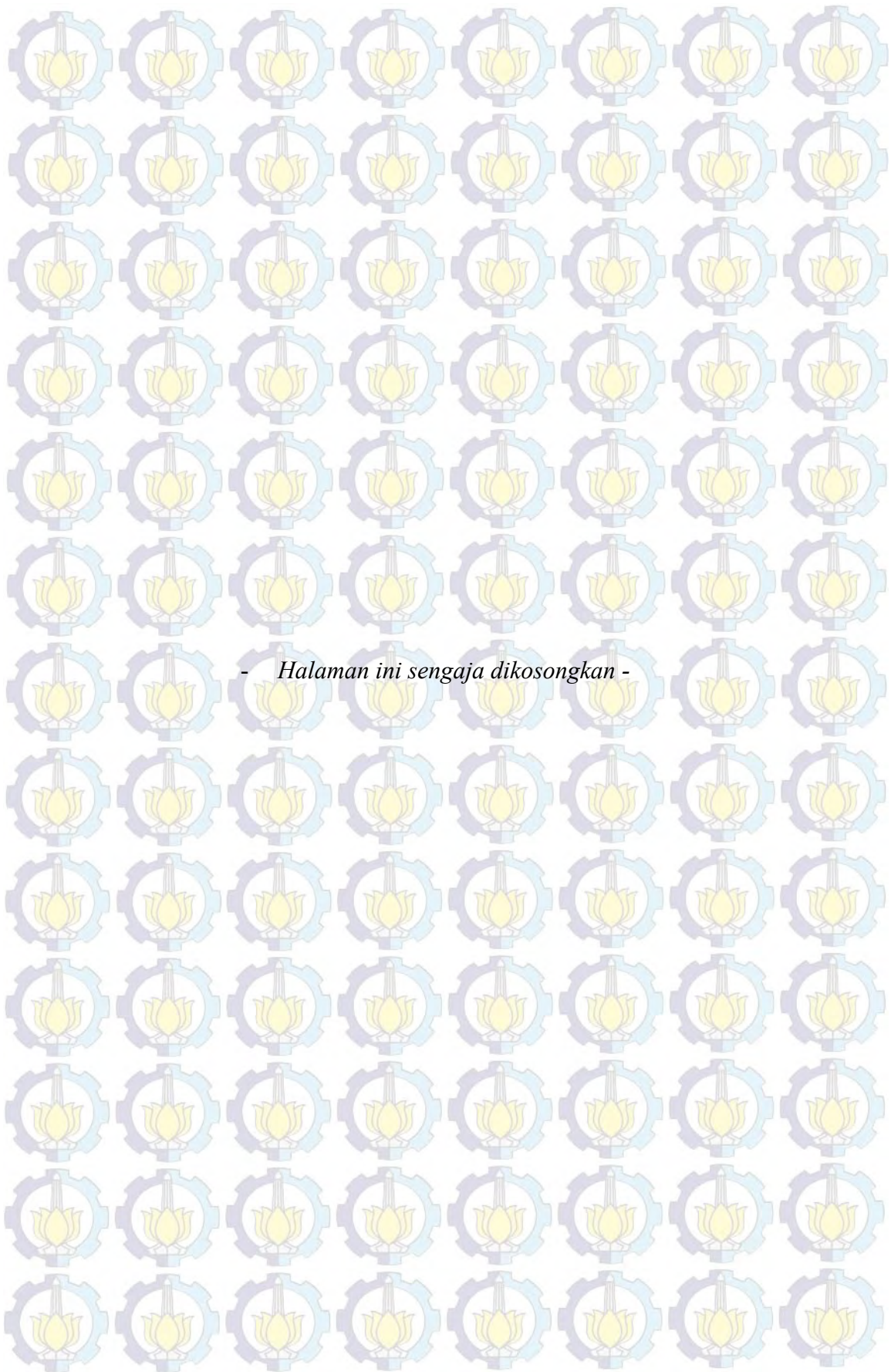
Generally, electricity in each region or a specific place has different load characteristics. In this study, the electrical system in South and Central Kalimantan is used as the case study of short-term load forecasting for 14-days of national holidays.

Fuzzy Logic is the one of the methods in the short-term load forecasting. This study uses the *Interval Type-2 Fuzzy Inference System (IT2FIS)* because of it is high flexibility, hence it can be combined with other methods (hybrid). *Big Bang-Big Crunch Algorithm* is a new method that is used to optimize footprint of uncertainty (FOU) membership function of *Interval Type-2 Fuzzy Inference System (IT2FIS)*.

Big Bang-Big Crunch Algorithm is an optimization method, which has low computation cost and high convergencing speed. FOU optimization of *Interval Type-2 Fuzzy Inference System (IT2FIS)* using the *Big Bang-Big Crunch Algorithm* has been applicated to short-term load forecasting on national holidays on South and Central Kalimantan.

The result of calculation error using *IT2FIS-BBBC* method shows that the *Main Absolute Percentage Error (MAPE)* is smaller than the previous method using *IT2FIS*. Application of short term load forecasting using this method obtains the lowest MAPE in 2008 is 0,524%, and the highest MAPE in 2011 is 1,312%.

Keyword : *Short Term Load Forecasting; Interval Type-2 Fuzzy Inference System; Big Bang-Big Crunch Algorithm; Main Absolute Percentage Error (MAPE)*



- Halaman ini sengaja dikosongkan -

KATA PENGANTAR

Assalamualaikum.wrwb

Alhamdulillah, puji syukur tak terhingga dipanjatkan kehadirat Allah SWT karena berkat limpahan rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulisan tesis telah terselesaikan yang berjudul :

**OPTIMISASI PERAMALAN BEBAN JANGKA PENDEK UNTUK
HARI LIBUR NASIONAL MENGGUNAKAN *INTERVAL TYPE-2 FUZZY
INFERENCE SYSTEM-BIG BANG-BIG CRUNCH ALGORITHM*
(STUDI KASUS SISTEM KELISTRIKAN KALIMANTAN SELATAN
DAN TENGAH)**

Pengerjaan tesis ini merupakan kewajiban bagi penulis untuk memperoleh gelar Magister Teknik pada Bidang Keahlian Teknik Sistem Tenaga, Program Studi Teknik Elektro, Program Pascasarjana, Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan tesis ini masih banyak kekurangan, oleh karena itu penulis menerima saran dan kritik untuk kesempurnaan tesis ini. Semoga buku tesis ini memberi manfaat kepada mahasiswa teknik elektro dan semua pihak khususnya dibidang peramalan beban listrik.

Akhir kata pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih yang sedalamnya kepada :

1. Bapak Prof.Dr.Ir.Imam Robandi, MT. selaku dosen pembimbing yang telah banyak memberikan arahan dan bimbingan selama proses pembuatan tesis dan selama perkuliahan dibidang Teknik Sistem Tenaga.
2. Bapak Dimas Anton Asfani, ST, MT, PhD selaku dosen wali dan seluruh dosen pengajar Magister Teknik Elektro Bidang Keahlian Teknik Sistem Tenaga yang telah memberikan ilmu dan pengalamannya bidang kelistrikan.
3. Bapak Dr.Ir.Agus Dharma, MT dari Universitas Udayana – Bali yang telah banyak membantu mengajarkan tentang teknik peramalan beban.

4. Pemerintah Provinsi Kalimantan Selatan yang telah memberikan beasiswa dan khususnya Rumah Sakit Umum Daerah Ulin Banjarmasin yang telah memberi kesempatan penulis untuk melanjutkan pendidikan S2 Teknik Elektro Bidang Keahlian Teknik Sistem Tenaga ITS.
5. PT.PLN (Persero) Wilayah KalSelTeng Area Penyaluran dan Pengatur Beban (AP2B) yang telah memberi izin penelitian dan bantuan data sehingga penulis dapat menyelesaikan tesis ini.
6. Kedua orang tua yang saya yaitu M.Nurdin dan Nana, Istri tercinta Salmiah dan anaku tersayang Gina Nur Hafizah yang selalu bedoa agar penulis lancar dalam menyelesaikan perkuliahan pada Teknik Elektro ITS.
7. Teman-teman seperjuangan S2 angkatan tahun 2013 seperti Pak Hilman, Pak Rahmat, Bu Nur, Pak H.Mahrus, Pak Jhony dan teman lain yang memberikan kenangan dan pelajaran berharga saat kuliah di Teknik Elektro Bidang Keahlian Teknik Sistem Tenaga ITS.
8. Seluruh member Lab. PSOC baik mahasiswa S3, S2 dan S1 yang tidak bisa disebutkan satu persatu yang telah membantu dalam menyelesaikan tesis ini.

Semoga Allah SWT, Tuhan yang maha kuasa membalas semua kebaikan semua pihak yang membantu terselesainya tesis ini.

Surabaya, Januari 2015

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN

JUDUL

LEMBAR PENGESAHAN	i
SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TESIS	ii
ABSTRAK	iii
ABSTRACT	v
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR GAMBAR	xv
DAFTAR TABEL	xvii
DAFTAR SIMBOL DAN SINGKATAN.....	xix

BAB 1 PENDAHULUAN..... 1

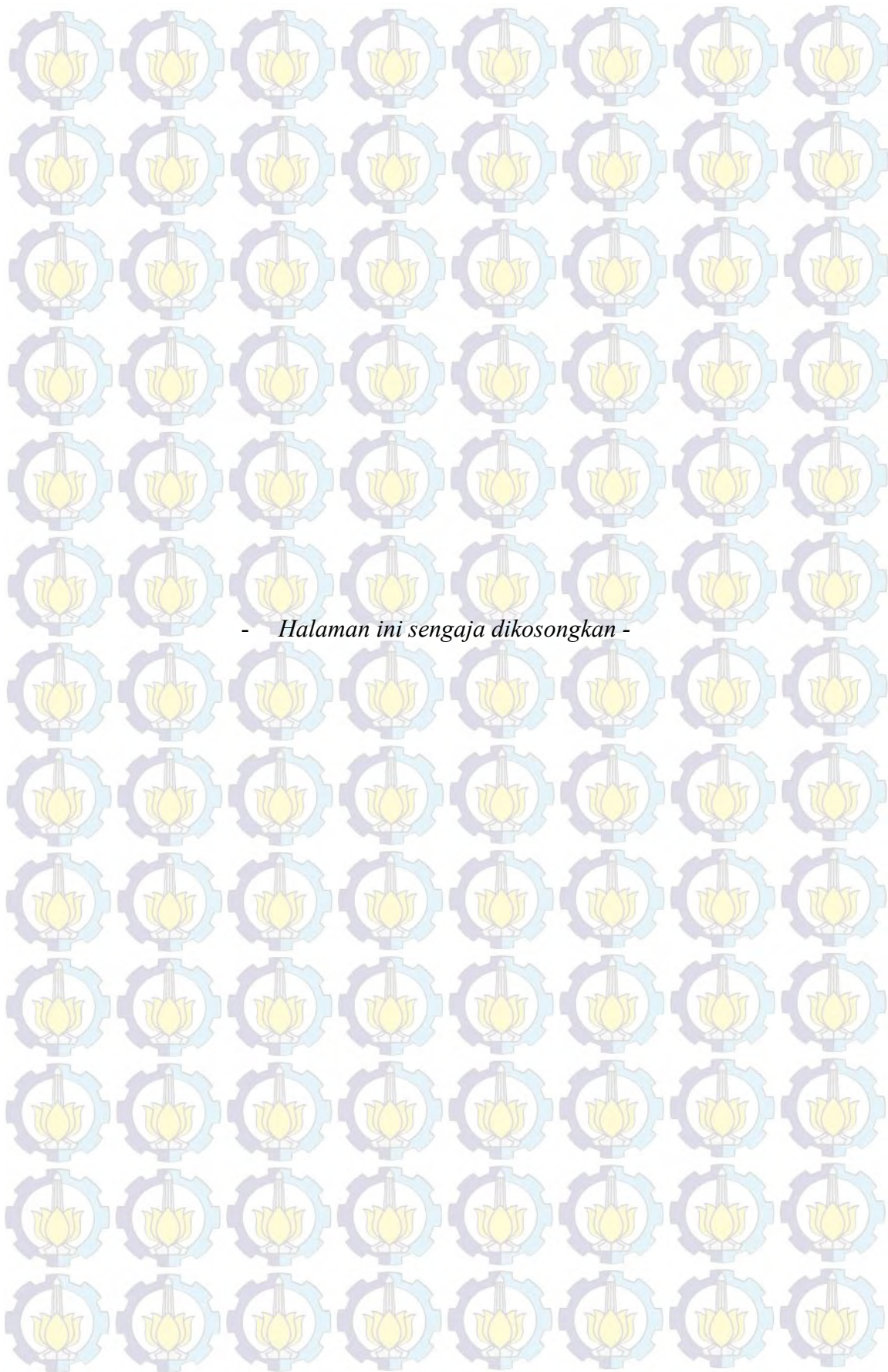
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah.....	2
1.3 Tujuan Penelitian.....	2
1.4 Kontribusi Penelitian	3

BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI..... 5

2.1 Penelitian yang telah dilakukan oleh peneliti sebelumnya.....	5
2.2 Beban Tenaga Listrik.....	7
2.3 Karakteristik Beban	7
2.4 Peramalan Beban (<i>Load Forecasting</i>).....	8
2.5 Teknik Peramalan Beban Jangka Pendek.....	9
2.6 Logika Fuzzy (<i>Fuzzy Logic</i>).....	11
2.6.1 Fungsi Keanggotaan Himpunan Fuzzy Type-1.....	11
2.6.2 Operasi Himpunan Fuzzy Type-1	13
2.6.3 Type-1 Fuzzy Inference System (T1FIS).....	14
2.6.4 Interval Type-2 Fuzzy Logic (IT2FL)	16
2.6.5 Interval Type-2 Fuzzy Set (IT2FS)	17

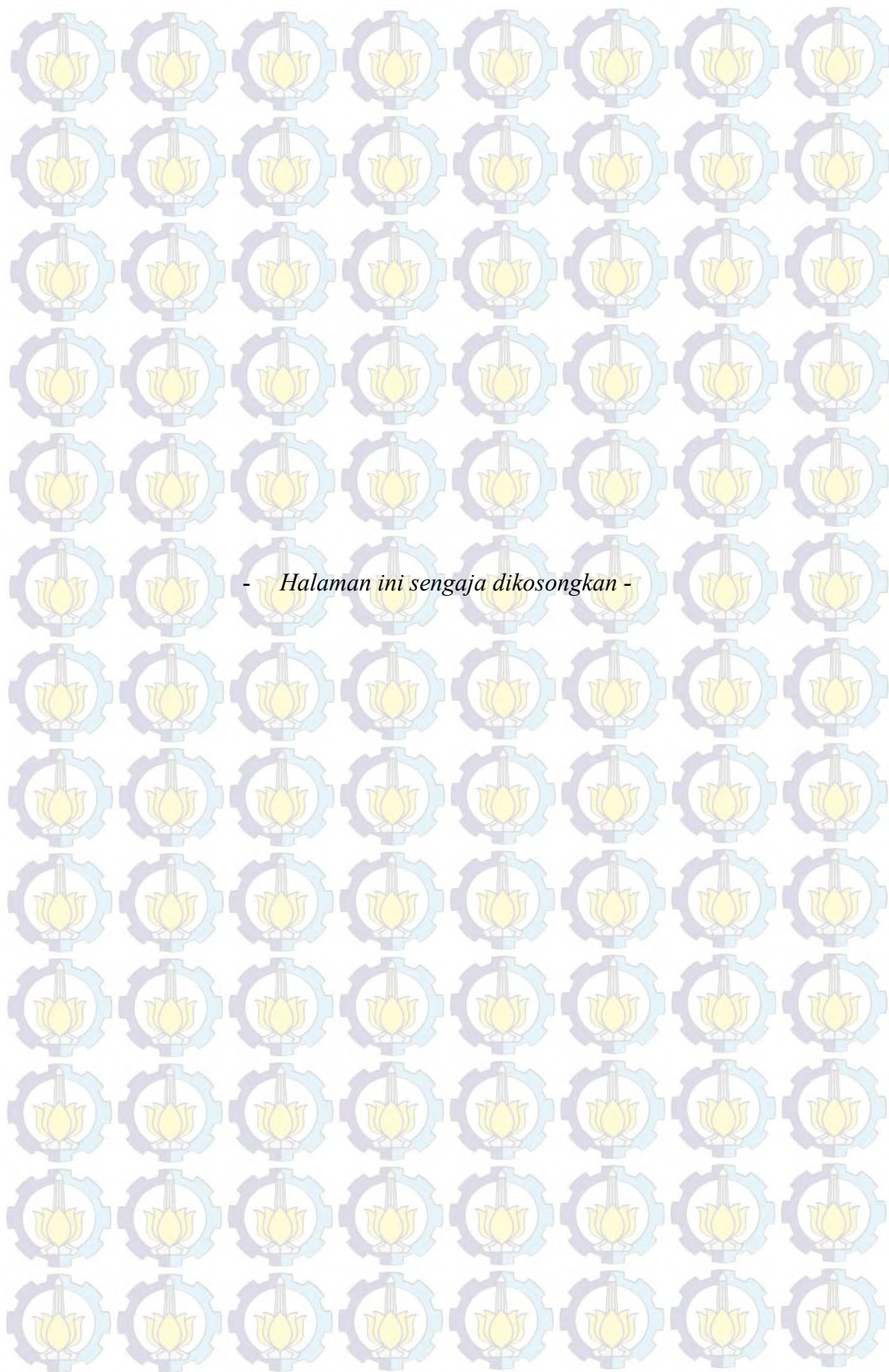
2.6.6 Struktur Interval Type-2 Fuzzy Logic System.....	18
2.6.7 Operasi pada Fungsi Keanggotaan Fuzzy Type-2.....	18
2.6.8 Interval Type-2 Fuzzy Inference System.....	19
2.6.9 Defuzzyfikasi.....	19
2.6.9.1 Algoritma Kernik Mendel.....	20
2.6.9.2 Perhitungan Centroid.....	22
2.7 Big Bang-Big Crunch Algoritim.....	22
BAB 3 METODE PENELITIAN.....	25
3.1 Studi Literatur.....	25
3.2 Lokasi Penelitian.....	25
3.3 Alat yang digunakan.....	26
3.4 Pengumpulan Data dan Analisis.....	26
3.5 Sistem Kelistrikan Kalimantan Selatan dan Tengah	26
3.6 Tahap Penelitian	26
3.6.1 Tahap Persiapan (<i>preprocessing</i>).....	26
3.6.2 Tahap Pengolahan (<i>processing</i>).....	27
3.6.3 Tahap Lanjutan (<i>post-processing</i>).....	28
3.7 Diagram Alur Penelitian	29
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN.....	31
4.1 Pengolahan Data Beban Puncak Hari Libur Nasional	31
4.1.1 Perhitungan Nilai Variabel Input X	32
4.1.2 Perhitungan Nilai Variabel Input Y	35
4.1.3 Perhitungan Nilai Variabel Input Z	38
4.2 Optimisasi Peramalan Beban Jangka Pendek untuk Hari Libur Nasional Menggunakan <i>Interval Type-2 Fuzzy Inference System-Big Bang-Big Crunch Algorithm</i>	40
4.2.1 Fungsi Keanggotaan untuk Variabel Input dan Output..	40
4.2.2 Aturan Fuzzy (<i>Fuzzy Rules</i>)	45

4.3 Implementasi Peramalan Beban Jangka Pendek untuk Hari-hari Libur Nasional Pada Sistem Kelistrikan KalSelTeng menggunakan metode <i>IT2FIS–BBBC Algorithm</i>	53
BAB 5 PENUTUP	57
5.1 Kesimpulan	57
5.2 Saran	58
DAFTAR PUSTAKA	59
LAMPIRAN A	61
LAMPIRAN B	63
LAMPIRAN C	69
LAMPIRAN D	75
BIOGRAFI PENULIS	81
ADENDUM	83
INDEKS	85



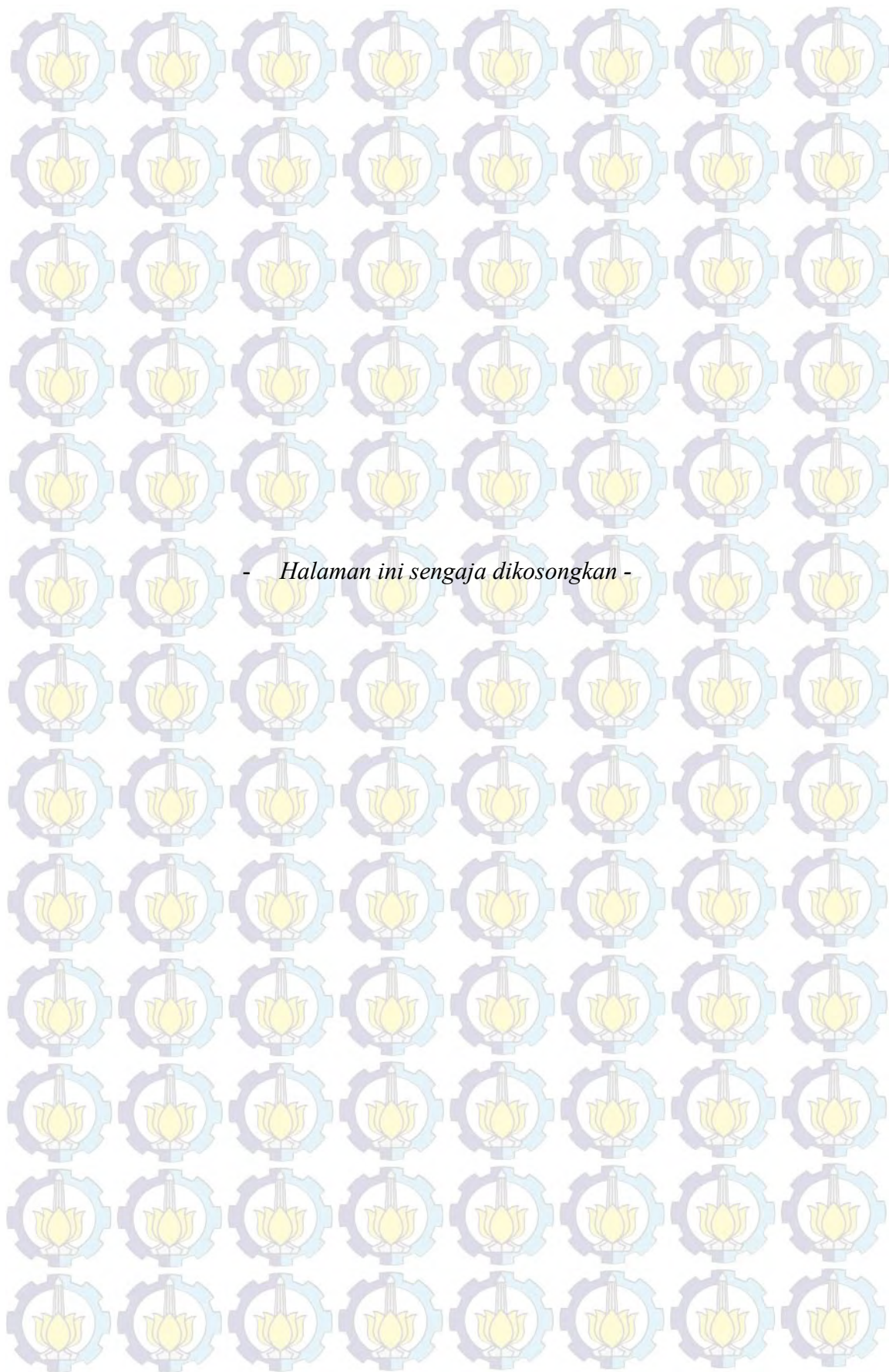
DAFTAR TABEL

TABEL	NAMA TABEL	HALAMAN
Tabel 4.1	Hari Libur Nasional di Indonesia mulai tahun 2008 sampai 2013	31
Tabel 4.2	Nilai $MaxWD$, LD_{MAX} , TLD_{MAX} , dan VLD_{MAX} tahun 2005 – 2008.....	39
Tabel 4.3	Pembuatan tabel input (X,Y) dan output (Z) berdasarkan VLD_{MAX} tahun 2007 dan 2008	48
Tabel 4.4	Proses pembuatan aturan dasar untuk input X tahun 2008	49
Tabel 4.5	Proses pembuatan aturan dasar untuk input Y tahun 2008	50
Tabel 4.6	Proses pembuatan aturan dasar untuk input Z tahun 2008	51
Tabel 4.7	Tabel Aturan Dasar (<i>fuzzy rules</i>) untuk peramalan tahun 2008.....	52
Tabel 4.8	Tabel konversi Aturan Dasar peramalan tahun 2008 untuk kode software Matlab	52
Tabel 4.9	Hasil peramalan beban jangka pendek pada hari libur nasional tahun 2008 menggunakan <i>IT2FIS-BBBC Algorithm</i>	53
Tabel 4.10	Hasil-hasil error peramalan beban jangka pendek pada hari libur nasional tahun 2008 sampai 2013 menggunakan <i>IT2FIS-BBBC Algorithm</i> pada sistem kelistrikan Kalimantan Selatan dan Tengah.....	54
Tabel 4. 11	Perbandingan hasil peramalan beban jangka pendek dengan beberapa metode sebelumnya untuk peramalan beban tahun 2008	55



DAFTAR GAMBAR

GAMBAR	NAMA GAMBAR	HALAMAN
Gambar 2.1	Posisi Penelitian yang dilakukan penulis saat ini.....	6
Gambar 2.2	Fungsi keanggotaan segitiga.....	12
Gambar 2.3	Fungsi keanggotaan trapesium.....	12
Gambar 2.4	Struktur <i>Type-1 Fuzzy Logic System</i>	14
Gambar 2.5	Type-1 Fuzzy Inference System Mamdani.....	15
Gambar 2.6	<i>Footprint of Uncertainty (FOU)</i> dari <i>IT2FLS</i>	17
Gambar 2.7	Struktur <i>Type-2 Fuzzy Logic System</i>	18
Gambar 2.8	Operasi himpunan Fuzzy interval type-2 (<i>IT2FLS</i>).....	18
Gambar 2.9	Operasi <i>Fuzzy Inference System Type-2</i> mamdani.....	19
Gambar 3.1	Diagram Alir Penelitian.....	29
Gambar 4.1	Fungsi keanggotaan X,Y dengan probabilitas FOU 50%....	41
Gambar 4.2	Fungsi keanggotaan X,Y dengan optimisasi <i>BBBC</i> <i>Algorithm</i>	42
Gambar 4.3	Fungsi keanggotaan Z dengan probabilitas FOU 50%.....	43
Gambar 4.4	Fungsi keanggotaan Z dengan optimisasi <i>BBBC Algorithm</i> ..	44
Gambar 4.4	Grafik perbandingan error peramalan beban jangka pendek hari libur nasional tahun 2008.....	56



- Halaman ini sengaja dikosongkan -

INDEKS

A

AND, 13, 28
 Antecedent, 16, 28, 30
 ARMA, 9
 ARIMA, 9
 Artificial Neural Network, 10, 11

B

Big Bang-Big Crunch Algorithm, iii, v, 1, 2, 5,
 22, 23, 25, 27, 28, 30, 40, 53, 57, 58
 Backpropagation, 6
 Box-jenkins, 9

C

Centroid, 20, 22
 Circuit Breaker, 9
 Consequent, 16, 28, 30, 40, 52

D

Data logger, 7
 Defuzzification, 14, 22, 30

E

Expert system, 10

F

Fungsi segitiga, 12
 Fungsi trapesium, 12
 Fuzzy Logic, 1, 6, 10, 11
 Fuzzy Inference System, 5, 6, 11
 Fuzzy Neural Network, 11
 Fuzzy rules, 30, 45, 47, 52

H

Hari libur, iii, 2, 5, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31,
 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 40, 45, 53, 54
 Himpunan fuzzy, 11, 13, 14, 16, 18, 40, 45

I

Interval type-2 fuzzy logic, 5, 17, 18, 19
 Interval type-2 fuzzy inference system, iii, iv, v,
 1, 2, 5, 19, 25, 28, 29, 53, 58

K

Kalimantan Selatan dan Tengah, iii, 1, 2, 3,
 25, 26, 27, 57

L

Long term load forecast, 8
 Lower membership function, 17, 20

M

Maintenance, 1, 3
 Mamdani, 15, 19
 Main Absolute Percentage Error (MAPE), iii,
 iv, v, 53, 54, 55, 57
 Medium term load forecast, 8
 Membership degree, 15

N

Neural network, 10
 Noise, 16

P

Peramalan, iii, ix, 1, 2, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 25, 27,
 28, 29, 30, 31, 32, 35, 38, 40, 47, 52, 53,
 54, 55, 56, 57, 58
 Primary membership, 17

R

Resident, 7
 Rules base, 47

S

Short term load forecast, 9
 Stochastic time series, 9

T

Type-reducer, 18, 19, 30

U

Upper membership function, 17, 20



- Halaman ini sengaja dikosongkan -

DAFTAR SIMBOL DAN SINGKATAN

<i>ARMA</i>	= <i>Autoregressive Moving Avarage</i>
<i>ARIMA</i>	= <i>Autoregressive Integrated Moving Avarage</i>
<i>ANN</i>	= <i>Artificial Neural Network</i>
<i>FNN</i>	= <i>Fuzzy Neural Network</i>
<i>RBF</i>	= <i>Radial Basis Function</i>
<i>SVM</i>	= <i>Support Vektor Machine</i>
<i>ANFIS</i>	= <i>Adaptive Neuro Fuzzy Inference System</i>
<i>LDs</i>	= <i>Load Differences</i>
<i>LDMax(i)</i>	= <i>Maximum load defferences</i>
<i>MaxWD(i)</i>	= <i>The average maximum load four days before holidays</i>
<i>MaxSD(i)</i>	= <i>The maximum peak load on Special Day (holiday)</i>
<i>TLD_{MAX}(i)</i>	= <i>The Typical Load Difference</i>
<i>VLD_{MAX}(i)</i>	= <i>Variation Load Difference</i>
<i>Forecast VLD_{MAX}(i)</i>	= <i>Forecasting Variation Load Difference</i>
<i>Forecast LD_{MAX}(i)</i>	= <i>Forecasting Load Difference</i>
<i>P'Max</i>	= <i>Load Forecasting</i>
<i>MAPE</i>	= <i>Main Absolute Percentage Error</i>
\tilde{A}	= <i>Type-2 Fuzzy Set</i>
J_x	= <i>Primary membership of primary variable, x</i>
<i>FOU (\tilde{A})</i>	= <i>Footprint of Uncertainty of IT2FS \tilde{A}</i>
<i>LMF, UMF</i>	= <i>Lower Membership Function, Upper Membership Function</i>
$\underline{\mu}_A(x), \bar{\mu}_A(x)$	= <i>Lower MF, Upper MF of IT2FS \tilde{A}</i>
<i>T1FS</i>	= <i>Type-1 Fuzzy Set</i>
<i>IT2FLS</i>	= <i>Interval Type-2 Fuzzy Logic System</i>
<i>IT2FIS</i>	= <i>Interval Type-2 Fuzzy Inference System</i>
<i>IT2FIS-BBBC</i>	= <i>Interval Type-2 Fuzzy Inference System-BigBang-BigCrunch</i>



yl	= Switch point left
yr	= Switch point right
COA	= Center of Area
$BBBC$	= Big Bang-Big Crunch
\bar{x}^c	= Center of Mass
f^i	= Fitness function
l	= Upper and lower limit parameter
r	= Normal random
k	= Step iteration
x^{new}	= Upper and lower bounded
$AP2B$	= Area Pengatur dan Penyaluran Beban
PLN	= Perusahaan Listrik Negara
$KalSelTeng$	= Kalimantan Selatan dan Tengah
CB	= Circuit Breaker
MW	= Mega Watt
$Matlab$	= Matrix Laboratory

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Tenaga listrik memiliki peranan penting dalam kehidupan manusia. Tenaga listrik tersebut banyak digunakan pada beberapa sektor seperti pelayanan publik, perhotelan, industri dan masih banyak lagi. Sistem kelistrikan Kalimantan Selatan dan Tengah memiliki karakteristik beban yang berbeda, beban tersebut dipengaruhi oleh musim dan perilaku (*behavior*) dari masyarakat itu sendiri. Peramalan beban sangat penting karena dapat memperkirakan konsumsi listrik pada rentang waktu tertentu. Ketelitian dalam peramalan beban listrik dapat meningkatkan keamanan dan kehandalan dalam pengoperasian sistem tenaga listrik seperti pengiriman daya (*load flow*), pemeliharaan unit pembangkit (*maintenance unit*) dan penjadwalan unit pembangkit (*unit commitment*) [1].

Dalam melakukan peramalan beban kita memerlukan rekaman data (*data logger*) karena akurasi dari peramalan beban tergantung pada data yang disediakan. Oleh sebab itu diperlukan peralatan (*tools*) yang dapat memonitor beban dengan akurat dan fleksibel sehingga data beban kapan saja dapat diperlukan. Pada penelitian ini studi kasus dilakukan pada sistem kelistrikan Kalimantan Selatan dan Tengah (KalSelTeng) karena tempat tersebut merupakan tempat kerja penulis sehingga memudahkan dalam melakukan riset dan pengambilan data.

Fuzzy logic merupakan salah satu metode dalam peramalan beban jangka pendek, pada penelitian ini menggunakan *Interval Type-2 Fuzzy Inference System (IT2FIS)* dengan *membership function* dari *footprint of uncertainty (FOU)* akan di optimisasi menggunakan *Big Bang-Big Crunch Algorithm*. Algoritma Big Bang-Big Crunch merupakan metode optimisasi baru yang memiliki kelebihan diantaranya *low computation cost*, memiliki kecepatan konvergen yang tinggi dan sangat efisien jika digunakan untuk perhitungan optimisasi dari parameter yang tidak terlalu besar. Oleh karena itu pada penelitian ini dikembangkan peramalan beban jangka pendek

menggunakan *Interval Type-2 Fuzzy Inference System* dengan mengoptimisasi *footprint of uncertainty (FOU)* dari fungsi keanggotaan IT2FIS menggunakan *Big Bang-Big Crunch Algorithm*.

1.2 Perumusan Masalah

Permasalahan yang akan diteliti yaitu :

1. Bagaimana *artificial intelligent* pada penelitian ini menggunakan *Interval Type-2 Fuzzy Inference System (IT2FIS)* dengan mengoptimisasi fungsi keanggotaan dari *IT2FIS* dapat diaplikasikan dalam peramalan beban jangka pendek untuk 14 hari libur nasional.
2. Membuat program untuk mensimulasikan, menguji dan memvalidasi *artificial intelligent* menggunakan *IT2FIS-BBBC* dapat digunakan dalam peramalan beban jangka pendek untuk 14 hari libur nasional (studi kasus sistem kelistrikan Kalimantan Selatan dan Tengah).

1.3 Tujuan Penelitian

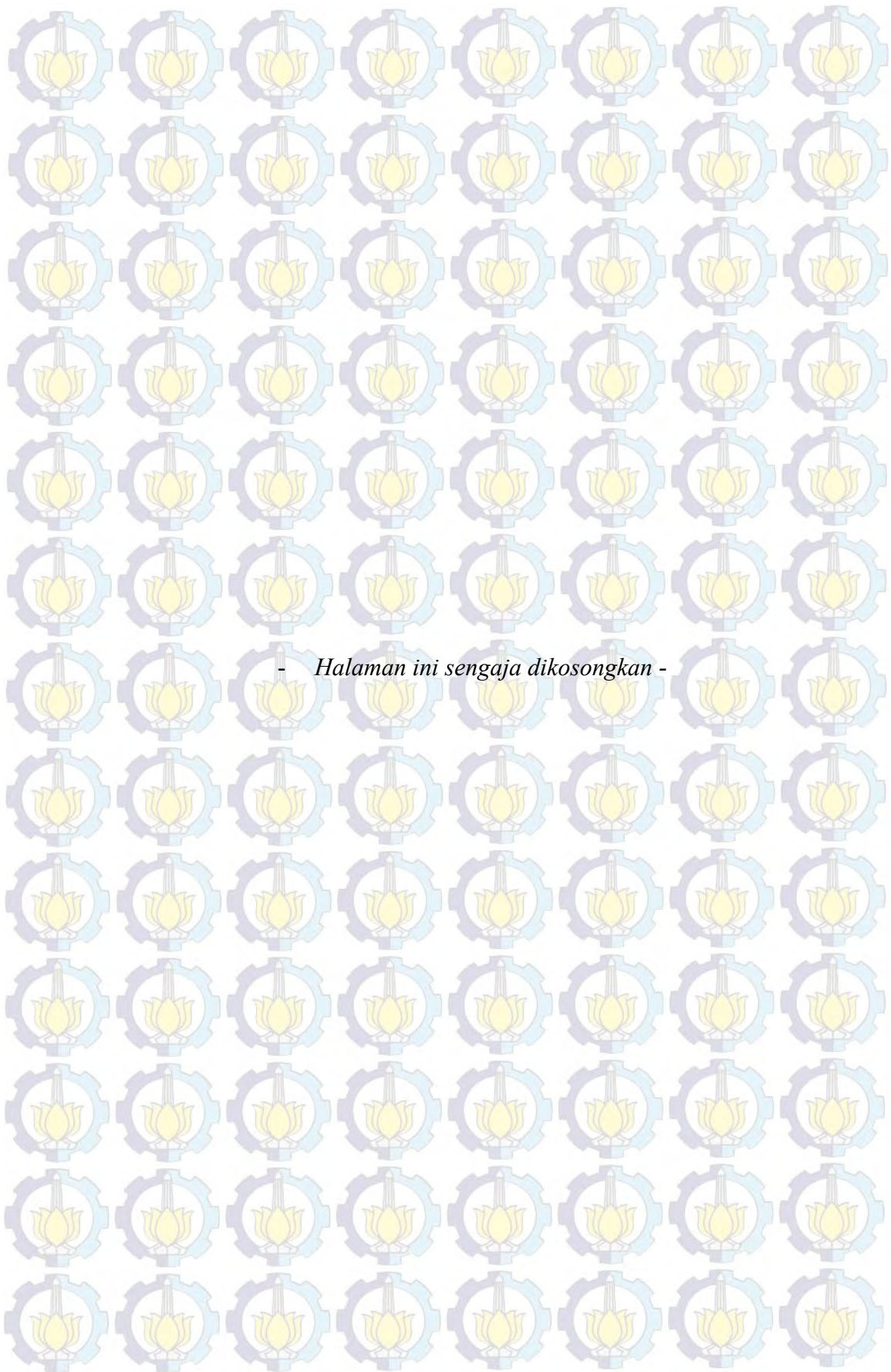
Tujuan dari penelitian ini antara lain :

1. Menerapkan metode *Interval Type-2 Fuzzy Inference System (IT2FIS)* dengan mengoptimisasi *footprint of uncertainty (FOU)* dari fungsi keanggotaan *IT2FIS* menggunakan *Big Bang-Big Crunch Algorithm* dalam peramalan beban jangka pendek untuk 14 hari libur nasional (studi kasus Sistem Kelistrikan Kalimantan Selatan dan Tengah).
2. Membandingkan peramalan beban jangka pendek menggunakan *IT2FIS-BBBC* dengan metode peramalan sebelumnya.



1.4 Kontribusi penelitian

Penelitian ini memberikan informasi dalam rangka memprediksi suatu perilaku beban listrik pada sistem kelistrikan KalSelTeng untuk kemudian digunakan dalam kebijakan terhadap pengoperasian sistem tenaga listrik seperti *Economic Dispatch*, *Unit Commitment*, *Unit Maintenance*, dan lain-lain.



- Halaman ini sengaja dikosongkan -

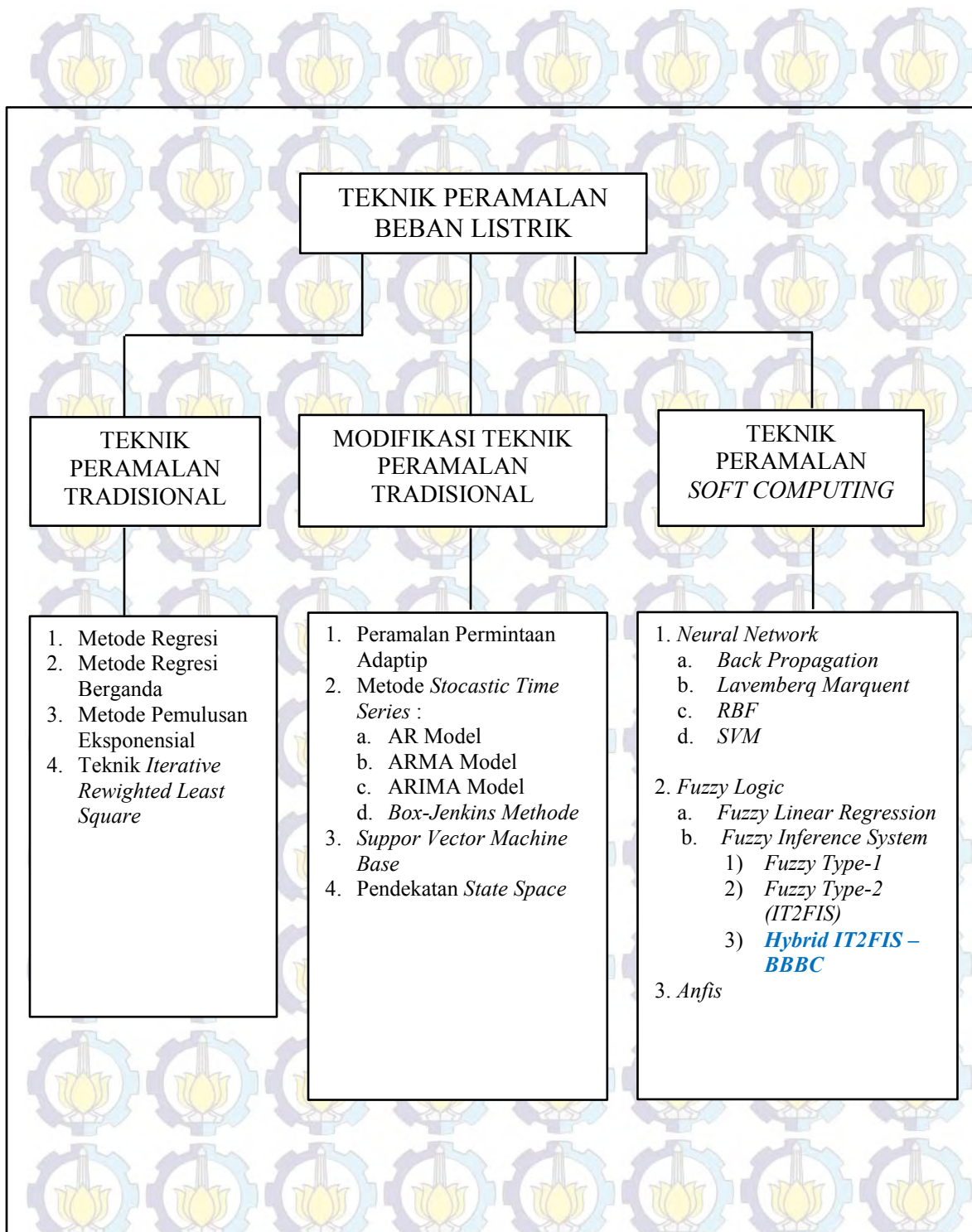
BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI

2.1 Penelitian yang telah dilakukan oleh peneliti sebelumnya

Penelitian tentang teknik peramalan beban tenaga listrik sangat berkembang dengan pesat untuk mengurangi ketidakpastian dan ketidaklinearan sistem dalam peramalan beban listrik [1]. Besar error dalam setiap penelitian bervariasi tergantung dengan metode yang digunakan dan tempat yang berhubungan dengan perilaku masyarakatnya [1,2,3]. Rata-rata prediksi error yaitu menjelaskan tingkat ketelitian teknik peramalan beban yang berkisar antara 1% sampai 8% [2].

Teknik peramalan beban listrik jangka pendek pada hari libur menggunakan *artificial intelligent* sudah dikembangkan peneliti sebelumnya seperti menggunakan *Fuzzy linear Regression method* [4,7] dan menggunakan *Fuzzy Inference System* [1,2,9]. Pada penelitian ini mengembangkan teknik peramalan beban yang telah diteliti sebelumnya menggunakan *Interval type-2 fuzzy inference system (IT2FIS)* untuk hari libur nasional [1,2]. Pada penelitian ini fungsi keanggotaan (*membership function*) yang merupakan *footprint of uncertainty* dioptimisasi menggunakan *Big Bang-Big Crunch Algorithm*. Metode ini akan diujikan menggunakan data enam tahun terakhir pada sistem kelistrikan Kalimantan Selatan dan Tengah. Performansi error hasil peramalan diperoleh dari nilai beban puncak aktual dan nilai beban puncak peramalan ditunjukkan oleh nilai *Mean Absolute Percentage Error (MAPE)*. Karena pengetahuan tentang teknik peramalan beban listrik cukup luas, maka penulis perlu mengetahui posisi dari penelitian ini. Posisi penelitian ini tentang peramalan beban listrik jangka pendek yang termasuk dalam kelompok teknik *Soft Computing* menggunakan *artificial intelligent* yaitu *Interval Type-2 Fuzzy Inference System* yang dioptimisasi menggunakan *Big Bang-Big Crunch Algorithm* untuk peramalan beban jangka pendek hari libur nasional pada sistem kelistrikan Kalimantan Selatan dan Tengah. Berikut posisi penelitian yang dilakukan penulis ditunjukkan dengan Gambar 2.1 dengan tulisan warna biru sebagai berikut.



Gambar 2.1 Posisi penelitian yang dilakukan penulis saat ini

2.2 Beban Tenaga Listrik

Daya listrik yang didistribusikan kepada pelanggan atau konsumen oleh pemasok tenaga listrik (*utility*) digunakan untuk keperluan sehari-hari seperti lampu, kipas angin, televisi, radio dan lain – lain. Menurut pembagian konsumen, pemakaian beban di kelompokkan dalam katagori sebagai berikut [5] :

1. Rumah Tangga (*resident*) yaitu pemakaian beban yang meliputi peralatan rumah tangga seperti beban penerangan, kipas angin, televisi, dan lain-lain.
2. Bisnis yaitu pemakaian beban yang meliputi beban pada bangunan komersil atau perdagangan seperti restoran, toko, bengkel, dan lain-lain.
3. Umum yaitu pemakaian beban pada layanan masyarakat yang cukup besar seperti rumah sakit, kantor pemerintahan dan lain-lain.
4. Industri yaitu pemakaian beban yang digunakan pada industri, baik industri berskala besar maupun industri berskala kecil. Pada industri tersebut beban yang digunakan besar, karena untuk menunjang produksi suatu perusahaan.

Beban puncak adalah nilai terbesar dari pembebanan sesaat pada suatu interval waktu tertentu atau beban tertinggi yang harus dipikul oleh sistem tenaga listrik pada interval waktu tertentu.

2.3 Karakteristik Beban

Karakteristik beban sangat penting dalam menentukan parameter pada peramalan beban (*load forecasting*). Karakteristik perubahan daya yang diterima oleh beban sistem tenaga listrik setiap saat pada interval waktu tertentu dikenal dengan kurva beban harian [3]. Penggambaran kurva beban dilakukan dengan cara mencatat beban persatuan waktu (detik, menit, jam, hari, bulan atau tahun) dengan menggunakan wattmeter manual atau menggunakan peralatan digital (*data logger*) yang terdapat pada panel sistem tenaga listrik tersebut.

Karakteristik beban disuatu tempat terkait dengan perilaku (*behavior*) masyarakat dan musim (hujan atau panas) pada tempat tersebut. Sehingga faktor yang mempengaruhi karakteristik beban antara lain [5] :

- a. Faktor kebutuhan adalah perbandingan antara total kebutuhan maximum pada suatu sistem tenaga listrik dengan total beban yang terpasang pada sistem tersebut.
- b. Faktor beban adalah perbandingan rata-rata beban pada periode waktu tertentu yang direncanakan terhadap beban puncak yang terjadi pada periode tersebut. Faktor beban hanya mengukur variasi dan tidak menyatakan penunjukan yang tepat dari durasi kurva beban.
- c. Faktor penggunaan adalah perbandingan antara beban maximum (P_{max}) terhadap kapasitas terpasang.

2.4 Peramalan Beban (*Load Forecasting*)

Peramalan adalah fenomena dari perhitungan atau estimasi pengukuran pada periode waktu yang akan datang. Dalam pengoperasian sistem tenaga listrik, masalah peramalan beban merupakan masalah yang sangat penting dalam perusahaan. Baik dari segi manajemen maupun dalam operasional, sehingga peramalan beban memiliki perhatian khusus. Adapun peramalan beban berdasarkan waktu dibagi menjadi beberapa kelompok yaitu [2,3,4] :

1. Peramalan Beban Jangka Panjang (*long term load forecasting*) yaitu peramalan beban untuk jangka waktu diatas lima tahun. Pada peramalan beban jangka panjang biasa digunakan untuk perencanaan dan pengembangan sebuah sistem (*planning*), beban puncak tertinggi pada suatu sistem tenaga listrik sering digunakan sebagai acuan dalam pengembangan sistem. Selain itu juga faktor eksternal seperti faktor makro ekonomi juga menentukan dalam peramalan beban jangka panjang.

2. Peramalan beban jangka menengah (*medium term load forecasting*) yaitu peramalan beban untuk jangka waktu satu bulan sampai lima tahun. Peramalan beban jangka menengah tidak lepas dari peramalan beban jangka panjang, sehingga peramalan beban jangka panjang tidak akan jauh menyimpang dari peramalan beban jangka panjang. Dalam peramalan jangka menengah digunakan untuk aspek operasional sistem tenaga listrik seperti kemampuan kapasitas panel *Circuit Breaker (CB)* atau Transformator, memperluas jaring distribusi sehingga tidak banyak yang dilakukan dalam peramalan beban jangka menengah.
3. Peramalan beban jangka pendek (*sort term load forecasting*) yaitu peramalan beban untuk jangka waktu beberapa jam sampai satu minggu. Dalam peramalan beban jangka pendek terdapat batas atas beban maksimum (P_{max}) dan batas bawah beban minimum (P_{min}) yang ditentukan oleh peramalan beban jangka menengah. Peramalan beban jangka pendek paling banyak digunakan untuk operasional suatu sistem tenaga listrik
4. Peramalan beban jangka sangat pendek (*very sort term load forecasting*) yaitu peramalan beban untuk jangka waktu kurang dari satu jam (jam, menit, detik). Peramalan beban jangka sangat pendek digunakan untuk beberapa kasus tertentu (*special case*).

2.5 Teknik Peramalan Beban Jangka Pendek

Ada beberapa teknik peramalan beban jangka pendek yang digunakan yaitu [2] :

1. Stochastic time series
Stochastic time series termasuk model peramalan beban jangka pendek yang populer digunakan seperti ARMA (*autoregressive moving average*), ARIMA (*autoregressive integrated moving average*), *Box-Jenkins method*, dan lain-lain. Keuntungannya adalah kemudahan dalam pemahaman dan implementasi

serta keakuratan hasilnya, sedangkan kerugiannya adalah waktu komputasi yang lebih lama untuk identifikasi parameter.

2. Multiple Regression

Multiple linear regression menggunakan pendekatan polynomial, adapun keuntungannya yaitu dapat memodelkan hubungan konsumsi beban dan faktor lainnya seperti cuaca, jenis hari, dan kelas pelanggan. Kerugiannya adalah sulit untuk menemukan hubungan fungsi antara pengaruh cuaca dengan permintaan beban

3. Expert System

Expert system adalah penggabungan dari aturan dan prosedur peramalan beban yang digunakan para ahli kedalam perangkat lunak (*software*), kemudian secara otomatis membuat perkiraan tanpa bantuan orang lain. Kendalanya yaitu ketersediaan para ahli untuk peramalan beban yang di kodifikasi kedalam perangkat lunak (*software*) sangat sedikit.

4. Fuzzy Logic

Fuzzy Logic (FL) merupakan metode yang dapat memodelkan ketidakpastian data (*uncertainty*) karena sering dijumpai dalam kehidupan nyata. Hal ini dapat secara bersamaan menangani data numerik pengetahuan linguistik, adapun kendala yang dihadapi adalah pemahaman menyeluruh tentang variabel fuzzy demikian juga pertimbangan yang baik untuk memilih aturan fuzzy dan fungsi keanggotaan (*membership function*).

5. Artificial Neural Networks (ANN)

Artificial Neural Networks (ANNs) dapat melakukan permodelan non linier dan adaptasi (*learning*) dengan tidak melakukan asumsi hubungan fungsional antara variabel cuaca dan beban. Kerugian yang ditemui antara lain ketidakmampuan suatu ANN untuk memberikan wawasan tentang sifat dari masalah yang dipecahkan dan menetapkan aturan untuk pemilihan topologi jaringan optimal.

6. Fuzzy Neural Network (FNN)

Fuzzy neural network memiliki keunggulan untuk beberapa ketidakpastian (*uncertainty*) dan output dihapuskan oleh *Fuzzy Logic (FL)* sehingga dapat meningkatkan efektifitas *Artificial Neural Network (ANN)*. Kerugiannya adalah tidak mampu mengeneralisasi atau salah satu hanya menjawab apa yang tertulis dalam *rule base*, tidak *robust* dalam kaitannya dengan perubahan topologi dari sistem. Karena perubahan tersebut menuntut perubahan kembali *rule base*. Kerugian yang lain adalah ketergantungan dengan ahli untuk menentukan logika inferensi (*Fuzzy Inference System*).

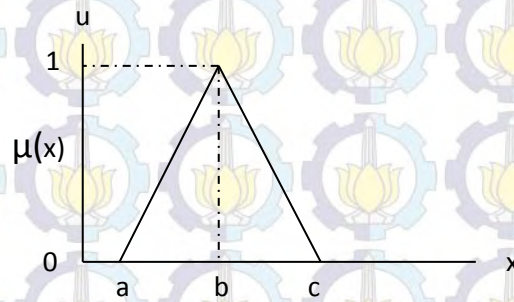
2.6 Logika Fuzzy (*Fuzzy Logic*)

Logika fuzzy (*fuzzy logic*) pertama kali dikenalkan oleh professor Zadeh (*California University*) tahun 1965 dengan menjabarkan perhitungan matematika berdasarkan teori himpunan untuk menggambarkan ketidakjelasan dalam bentuk variabel linguistik, dalam arti lain teori *fuzzy logic* mengembangkan teori himpunan *boolean* (0 dan 1) menjadi himpunan yang memiliki nilai keanggotaan yang bersifat ketidakjelasan (antara 0 dan 1) sehingga logika fuzzy juga disebut logika samar atau tidak jelas (*fuzzy*).

2.6.1 Fungsi Keanggotaan Himpunan Fuzzy type 1

Proses pemetaan data input himpunan crisp kedalam derajat keanggotaan yang memiliki batas-batas untuk menjadi himpunan fuzzy disebut Fuzzifikasi atau fungsi keanggotaan (*membership function*). Ada beberapa jenis model fungsi keanggotaan antara lain [2]:

a. Fungsi Segitiga (*triangle membership function /trimf*)



Gambar 2.2 Fungsi keanggotaan segitiga

Fungsi keanggotaan segitiga dapat didefinisikan dengan persamaan sebagai berikut :

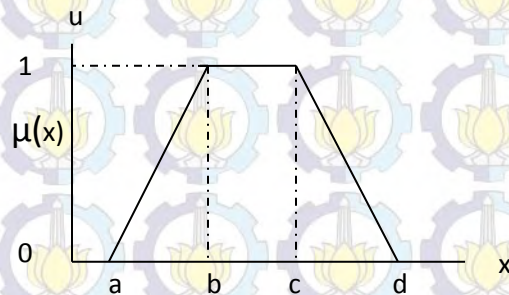
$$f(x,a,b,c) = \begin{cases} 0, & x \leq a \\ \frac{x-a}{b-a}, & a \leq x \leq b \\ \frac{c-x}{c-b}, & b \leq x \leq c \\ 0, & c \leq x \end{cases} \quad (2.1)$$

atau dapat didefinisikan sebagai berikut :

$$f(x,a,b,c) = \max(\min(\frac{x-a}{b-a}, \frac{c-x}{c-b}), 0) \quad (2.2)$$

parameter x merupakan input crisp, a dan c menyatakan ujung kaki segitiga, sedangkan b menyatakan puncak dari segitiga.

b. Fungsi Trapesium (*trapezoidal membership function /trapmf*)



Gambar 2.3 Fungsi keanggotaan trapesium

Fungsi keanggotaan trapesium dapat didefinisikan dengan persamaan :

$$f(x,a,b,c) = \begin{cases} 0, & x \leq a \\ \frac{x-a}{b-a}, & a \leq x \leq b \\ 1, & b \leq x \leq c \\ \frac{d-x}{d-c}, & c \leq x \leq d \\ 0, & d \leq x \end{cases} \quad (2.3)$$

atau dapat didefinisikan sebagai berikut :

$$f(x,a,b,c) = \max(\min\left(\frac{x-a}{b-a}, 1, \frac{d-x}{d-c}\right), 0) \quad (2.4)$$

parameter x merupakan input crisp, a dan d menyatakan ujung kaki trapesium, sedangkan b dan c menyatakan ujung bahu trapesium.

2.6.2 Operasi Himpunan Fuzzy Type 1

Operasi dasar pada himpunan fuzzy A dan B dari semesta X dengan tingkat keanggotaan $\mu_A(x)$ dan $\mu_B(x)$ untuk $x \in X$ adalah sebagai berikut :

a. Komplemen

Komplemen dari himpunan A menyatakan semua komponen himpunan yang tidak berada pada himpunan A

$$\mu_{\bar{A}}(x) = 1 - \mu_A(x) \quad (2.5)$$

b. Union (gabungan)

Operasi himpunan Union atau OR pada dua himpunan fuzzy A dan B dinyatakan dalam persamaan sebagai berikut :

$$\mu_{A \cup B} = \max(\mu(A), \mu(B)); x \in X \quad (2.6)$$

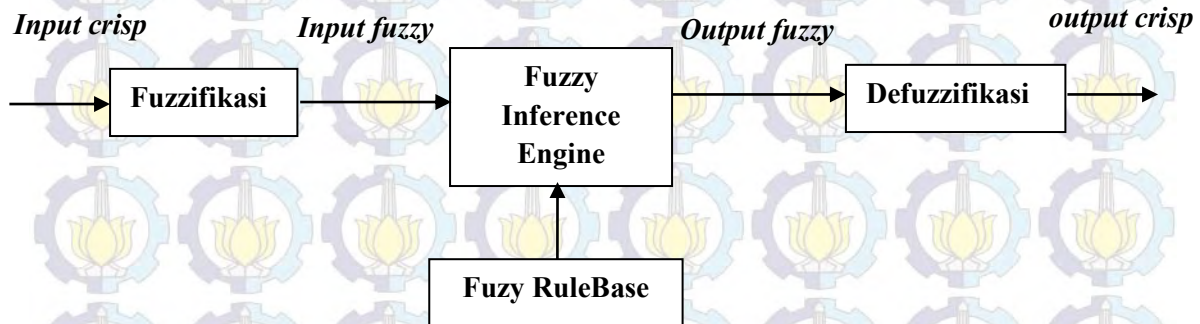
c. Interseksi

Operasi interseksi atau AND pada dua himpunan fuzzy A dan B dinyatakan dalam persamaan sebagai berikut :

$$\mu_{A \cap B} = \min(\mu(A), \mu(B)); x \in X \quad (2.7)$$

2.6.3 Type-1 Fuzzy Inference System (T1FIS)

Fuzzy inference yaitu melakukan penalaran menggunakan fuzzy input dan aturan fuzzy yang telah ditentukan sehingga menghasilkan fuzzy output. Struktur utama dari *type-1 fuzzy logic system* adalah sebagai berikut [18] :

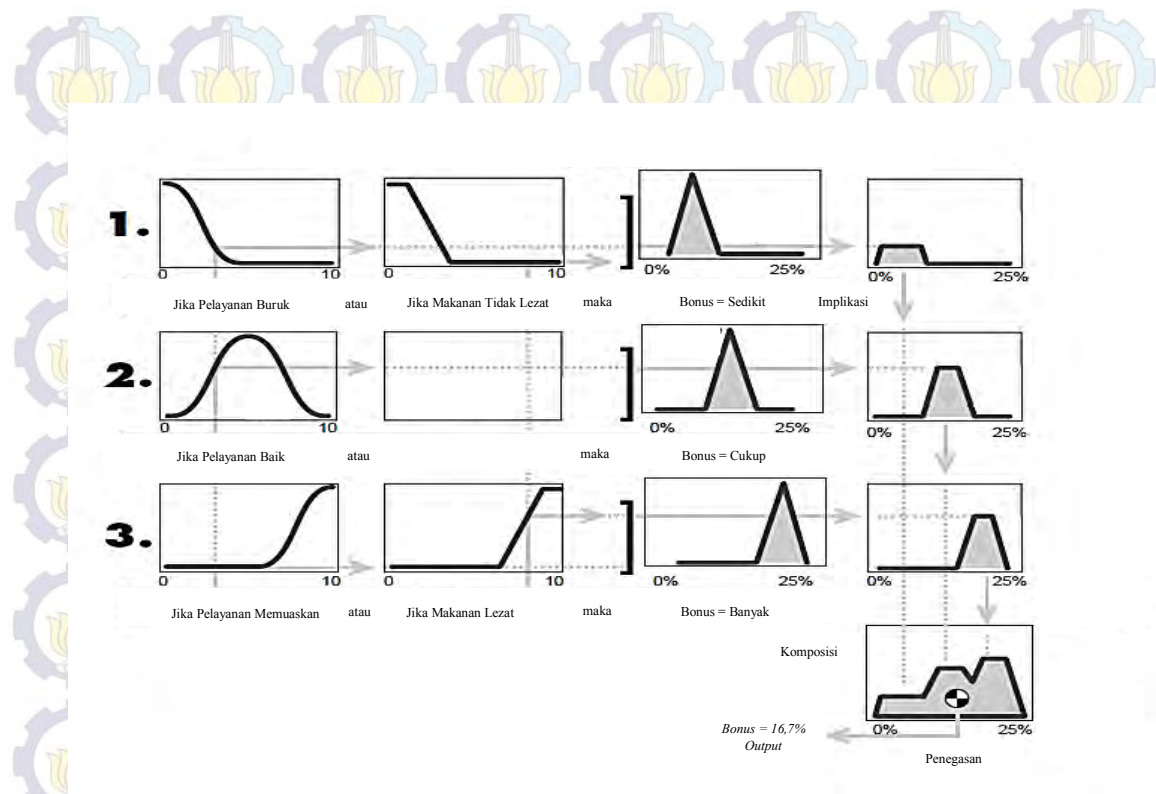


Gambar 2.4 Struktur Type-1 Fuzzy Logic System

Metode aturan fuzzy pertama kali dikenalkan oleh Ebrahim Mamdani tahun 1975 yang dikenal dengan metode mamdani atau Max-Min dimana terdapat lima tahapan untuk mendapatkan output yaitu [18]:

- Pembentukan himpunan Fuzzy (variabel input dan output)
- Operasi *membership function*
- Aplikasi fungsi implikasi (*implication*), pada umumnya digunakan fungsi Min
- Komposisi aturan (*agregation*)
- Penegasan (*defuzzification*)

Kelima proses diatas dapat dilihat pada contoh kasus pemberian “Bonus” berdasarkan pelayanan dan makanan yang diberikan [18].



Gambar 2.5 Type-1 Fuzzy Inference System Mamdani

Defuzzifikasi adalah proses pemetaan dari hasil daerah inferensi fuzzy ke daerah non Fuzzy (*Crisp*). Pada implementasi kontrol *real time fuzzy*, proses defuzzifikasi digunakan *Center of Area (COA)*.

Defuzzifikasi *center of area* menghasilkan pusat gravitasi dari distribusi aksi kontrol yang dinyatakan pada persamaan :

$$z^* = \frac{\sum_{k=1}^m V_k \mu_v(V_k)}{\sum_{k=1}^m \mu_v(V_k)} \quad (2.8)$$

z^* = nilai output

m = tingkat kuantisasi

V_k = elemen ke -k

μ_v = *membership degree* elemen pada fuzzy set v

2.6.4 Interval Type – 2 Fuzzy Logic (IT2FL)

Konsep ketidakpastian dari himpunan fuzzy type-2 pertama kali dikenalkan oleh Zadeh pada tahun 1975 sebagai pengembangan konsep *ordinary fuzzy set* yaitu “*fuzzy-fuzzy*” atau fuzzy type-1 yang difuzzykan lagi. Karena sebuah sistem logika fuzzy type-1 sering kali basis pengetahuan yang digunakan untuk membangun aturan-aturan (*rules*) dalam sebuah *fuzzy logic system (FLS)* adalah tidak menentu. Ada tiga alasan ketidakpastian aturan-aturan dapat terjadi, yaitu [2]:

1. Kata yang digunakan sebagai *antecedents* dan *consequents* dari aturan-aturan bisa mempunyai makna yang berbeda pada orang yang berbeda.
2. *Consequents* yang diperoleh dari polling sekelompok ahli akan seringkali berbeda pada aturan yang sama dikarenakan para ahli belum tentu semua setuju pada aturan tersebut.
3. Data training yang mengandung banyak *noise*.

Ketidakpastian pada *antecedent* atau *consequent* diterjemahkan pada ketidakpastian fungsi keanggotaan *antecedent* atau *consequent*. *Fuzzy logic system type-1* yang fungsi keanggotaannya berupa himpunan fuzzy type-1, tidak dapat secara langsung menyelesaikan ketidakpastian aturan *type-2 fuzzy logic system*, sedangkan *antecedent* atau *consequent* fungsi keanggotaan himpunan fuzzy type-2 mampu mengenai ketidakpastian aturan. Himpunan fuzzy type-2 memiliki tingkat keanggotaan yang mereka sendiri adalah fuzzy. Tingkatan pada himpunan fuzzy type-2 dapat berada pada subset keanggotaan sekunder. Sama dengan *Type-1 FLS*, *Type-2 FLS* juga meliputi fungsi keanggotaan *FIS* dan defuzzifikasi. Perbedaannya adalah sebelum proses defuzzifikasi terdapat proses reduksi tipe (*type reduction*) yang memiliki beberapa metode algoritma seperti *Kernik Mendel Algoritm (KMA)*, *Enhance Kernik Mendel Algorithm (EKMA)*, *Enhance Kernik Mendel Algorithm with Initialization (EKMANI)*, *Iterative Algorithm with Stop Condition (IASC)*, *Enhance Iterative Algorithm with Stop Condition (EIASC)* [13].

2.6.5 Interval Type-2 Fuzzy Set

Sebuah *interval type-2 fuzzy set (IT2FS)* dilambangkan \tilde{A} dengan *membership function* $\mu_{\tilde{A}}$ dengan $x \in X$ dan $u \in Jx \subseteq [0,1]$, karakterisnya dapat dikenali pada persamaan berikut [16,17] :

$$A = \int_{x \in X} \int_{x \in J_x} \frac{\mu_A(x,u)}{(x,u)} Jx \subseteq [0,1] \quad (2.9)$$

x adalah variabel primer mempunyai domain X ; $u \in U$, variabel sekunder, mempunyai domain Jx untuk setiap $x \in X$; Jx disebut *primary membership* dari x . Ketidakpastian terhadap \tilde{A} dinyatakan dengan gabungan dari seluruh primary membership (Jx) disebut *footprint of uncertainty (FOU)* of \tilde{A} . Persamaannya dapat dilihat sebagai berikut :

$$FOU(A) = \bigcup_{\forall x \in X} Jx = \{(x,u); u \in Jx \subseteq [0,1]\} \quad (2.10)$$

Jx adalah Interval dengan persamaan sebagai berikut :

$$Jx = \{(x,u); u \in [\underline{\mu}_A(x), \bar{\mu}_A(x)]\} \quad (2.11)$$

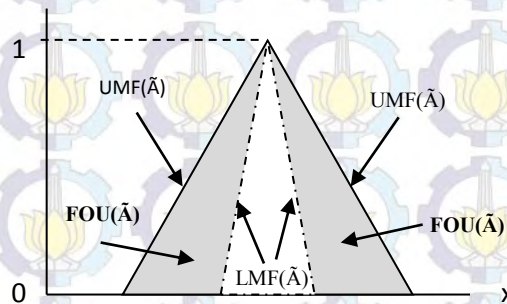
Dari persamaan 2.3 $FOU(\tilde{A})$ dapat diekspresikan dengan persamaan :

$$FOU(A) \equiv \bigcup_{\forall x \in X} [\underline{\mu}_A(x), \bar{\mu}_A(x)] \quad (2.12)$$

Jx = *Primary membership* dari x

$\underline{\mu}_{\tilde{A}}$ = *Lower Membership Function (LMF)* dari \tilde{A}

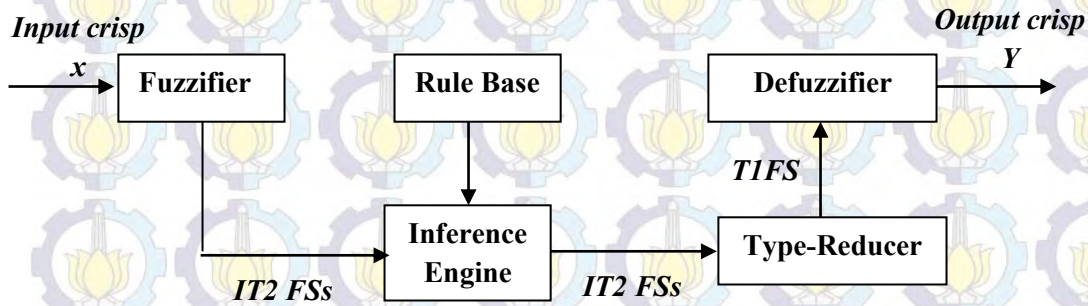
$\bar{\mu}_{\tilde{A}}$ = *Upper Membership Function (LMF)* dari \tilde{A}



Gambar 2.6 FOU (warna abu-abu), LMF (garis putus-putus), UMF (garis solid)

2.6.6 Struktur Interval Type-2 Fuzzy Logic System (IT2FLS)

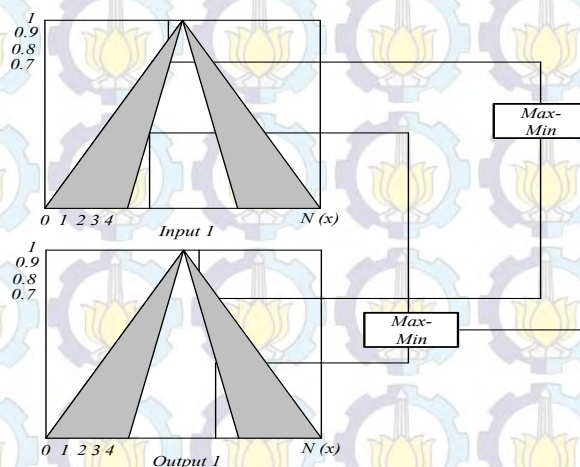
Pada Gambar 2.7 menunjukkan proses IT2FLS yaitu pemetaan dari nilai input himpunan *crisp* x menjadi nilai output yang dinyatakan dalam persamaan $Y=f(x)$.



Gambar 2.7 Struktur Type-2 Fuzzy Logic System (T2FLS)

2.6.7 Operasi pada Fungsi Keanggotaan Fuzzy Interval Type-2 [16,17]

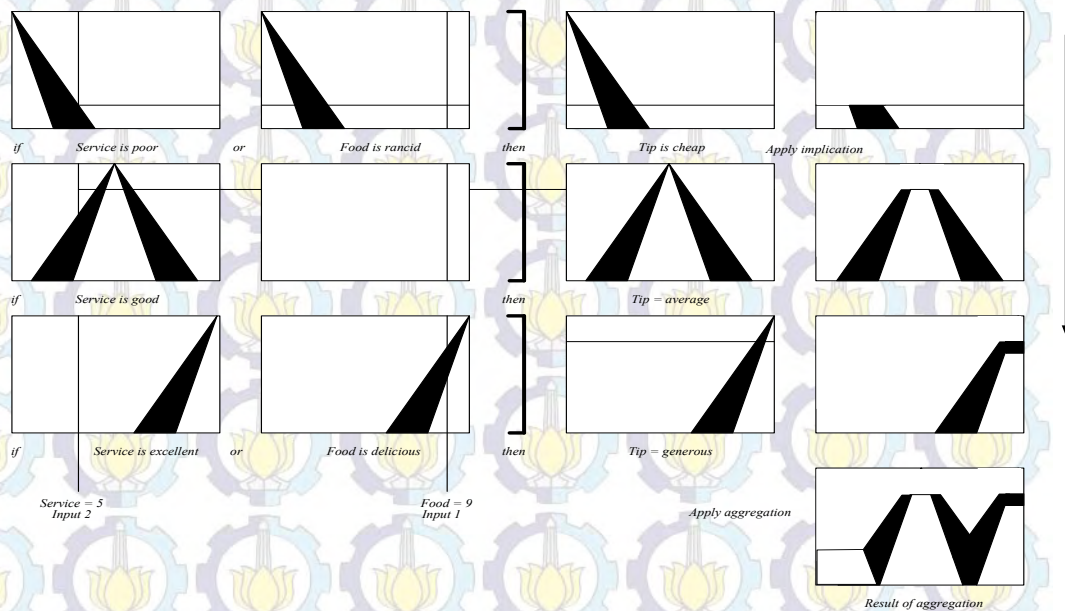
Operasi pada himpunan fuzzy interval type-2 hampir sama dengan himpunan fuzzy type-1, hanya saja pada sistem logika IT2FL operasi dilakukan pada dua interval yaitu *UMF* (atas) dan *LMF* (bawah) secara sekaligus. Operasi pada *membership function fuzzy interval type-2* dapat dilihat pada Gambar 2.8 berikut :



Gambar 2.8 Operasi himpunan fuzzy interval type-2 (IT2FLS)

2.6.8 Interval Type-2 Fuzzy Inference System [16,17]

Fuzzy inference system (FIS) type-2 hampir sama dengan FIS type-1, dengan menggunakan tahapan yang sama. Operasi dari *Fuzzy Inference System type-2* dapat dilihat pada kasus pemberian “tip” makanan dan *service* pada sebuah restoran seperti Gambar 2.9 sebagai berikut :



Gambar 2.9 Fuzzy Inference system Mamdani type-2

2.6.9 Defuzzifikasi

Pada *Fuzzy Interval type-2* proses defuzzifikasi kontrol logika melalui *type-reducer* yang memiliki beberapa metode algoritma seperti *Kernik Mendel Algoritma (KMA)*, *Enhance Kernik Mendel Algoritma (EKMA)*, *Enhance Kernik Mendel Algoritma with Initialization (EKMANI)*, *Iterative Algorithm with Stop Condition (IASC)*, *Enhance Iterative Algorithm with Stop Condition (EIASC)* [13]. Proses defuzzifikasi dengan menggunakan *centroid* pada IT2FLS telah diusulkan oleh Kernik Mendel.

2.6.9.1 Algoritma Kernik Mendel

Pada fuzzy interval type-2 proses pencarian centroid dilakukan pada *Upper Membership Function (UMF)* dan *Lower Membership Function (LMF)*. Metode pencarian ini dirumuskan oleh Kernik Mendel sebagai berikut [13,15,17] :

$$Y_{Cos}(x') = \bigcup_{\substack{f^n \in F^n(x') \\ y^n \in Y^n}} \frac{\sum_{n=1}^N f^n y^n}{\sum_{n=1}^N f^n} = [y_l, y_r] \quad (2.13)$$

$$y_l = \min_{k \in [1, N-1]} \frac{\sum_{n=1}^k \bar{f}^n y^n + \sum_{n=k+1}^N \underline{f}^n y^n}{\sum_{n=1}^k \bar{f}^n + \sum_{n=k+1}^N \underline{f}^n} \equiv \frac{\sum_{n=1}^L \bar{f}^n y^n + \sum_{n=L+1}^N \underline{f}^n y^n}{\sum_{n=1}^L \bar{f}^n + \sum_{n=L+1}^N \underline{f}^n} \quad (2.14)$$

$$y_r = \max_{k \in [1, N-1]} \frac{\sum_{n=1}^k \underline{f}^n \bar{y}^n + \sum_{n=k+1}^N \bar{f}^n \bar{y}^n}{\sum_{n=1}^k \underline{f}^n + \sum_{n=k+1}^N \bar{f}^n} \equiv \frac{\sum_{n=1}^R \underline{f}^n \bar{y}^n + \sum_{n=R+1}^N \bar{f}^n \bar{y}^n}{\sum_{n=1}^R \underline{f}^n + \sum_{n=R+1}^N \bar{f}^n} \quad (2.15)$$

switch point dari nilai L dan nilai R adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \underline{y}^L &\leq y_l \leq \underline{y}^{L+1} \\ \bar{y}^R &\leq y_r \leq \bar{y}^{R+1} \end{aligned}$$

A. Algoritma Kernik Mendel untuk mencari nilai y_l sebagai berikut :

1. Urutkan (sort) \underline{y}^n ($n = 1, 2, 3, \dots, N$) dalam penambahan order dan panggil \underline{y}^n yang sudah diurut berdasarkan nama. Tetapi $\underline{y}^1 \leq \underline{y}^2 \leq \dots \leq \underline{y}^N$. Cocokkan pembobotan $F(x')$ dengan \underline{y}^n masing-masing. Kemudian beri nomor kembali sehingga index mereka sesuai dari penomorannya \underline{y}^n .
2. Inisialisasi f^n dengan cara :

$$f^n = \frac{f^n + \bar{f}^n}{2} \quad (n = 1, 2, 3, \dots, N)$$

Kemudian hitung $y = \frac{\sum_{n=1}^N \underline{y}^n f^n}{\sum_{n=1}^N f^n}$ (2.16)

3. Cari *switch point* k ($1 \leq k \leq N-1$) sehingga :

$$\underline{y}^k \leq y \leq \underline{y}^{k+1}$$

4. Set nilai f^n $f(x) = \begin{cases} \bar{f}^n, & n \leq k \\ \underline{f}^n, & n > k \end{cases}$

Kemudian hitung $y' = \frac{\sum_{n=1}^N \underline{y}^n f^n}{\sum_{n=1}^N f^n}$ (2.17)

5. Check jika $y' = y$. jika sama, maka stop dan set $y_l = y$ dan $L = k$ jika tidak kembali ke langkah 6
6. Set $y = y'$ kemudian kembali ke langkah 3

B. Algoritma Kernik Mendel untuk mencari nilai y_r sebagai berikut :

1. Urutkan (sort) \bar{y}^n ($n = 1, 2, 3, \dots, N$) dalam penambahan order dan panggil \bar{y}^n yang sudah diurut berdasarkan nama. Tetapi $\bar{y}^1 \leq \bar{y}^2 \leq \dots \leq \bar{y}^N$. Cocokkan pembobotan $F(x')$ dengan \bar{y}^n masing-masing. Kemudian beri nomor kembali sehingga index mereka sesuai dari penomorannya \bar{y}^n .

2. Inisialisasi f^n dengan cara :

$$f^n = \frac{f^n + \bar{f}^n}{2} \quad (n = 1, 2, 3, \dots, N)$$

Kemudian hitung y

$$y = \frac{\sum_{n=1}^N \bar{y}^n f^n}{\sum_{n=1}^N f^n} \quad (2.18)$$

3. Cari *switch point* k ($1 \leq k \leq N-1$) sehingga :

$$\bar{y}^k \leq y \leq \bar{y}^{k+1}$$

4. Set nilai $f^n = \begin{cases} \bar{f}^n, & n \leq k \\ \underline{f}^n, & n > k \end{cases}$

Kemudian hitung $y' = \frac{\sum_{n=1}^N \bar{y}^n f^n}{\sum_{n=1}^N f^n}$ (2.19)

5. Check jika $y' = y$. jika sama, maka stop dan set $yr = y$ dan $R = k$ jika tidak maka lanjut ke langkah 6

6. Set $y = y'$ kemudian kembali ke langkah 3

2.6.9.2 Perhitungan Centroid [13, 15,17]

Setelah mendapatkan nilai yl dan yr , kemudian mencari nilai *centroid* dengan persamaan :

$$Centroid = \frac{(yl + yr)}{2} \quad (2.20)$$

Meskipun pencarian centroid tersebut merupakan proses iterasi, tetapi jumlah iterasi tidak akan melebihi N . Sebenarnya ada beberapa metode *type reduction* dan *defuzzification* tetapi yang paling mendekati hasilnya menggunakan metode Kernik Mendel.

2.7 Big Bang- Big Crunch Algorithm [10,11,12]

Metode optimisasi baru *Big Bang-Big Crunch Algorithm* termasuk dalam algoritma *traditional evolutionary* atau *heuristic papulation based* dimana prosedur pencarian yang menggabungkan varian acak (*random*) dan pilihan [11]. Metode ini berdasarkan teori evolusi universal yaitu teori *Big Bang* dan *Big Crunch*. Pada fase *Big Bang*, energi dissipasi (penghamburan) menghasilkan penyebaran dan pengacakan. Kemudian pada Fase *Big Crunch*, pengacakan partikel yang didistribusi akan di urutkan kembali. Secara garis besar metode optimisasi *Big Bang-Big Crunch Algorithm* meregenerasikan pengacakan titik (*point*) pada fase big bang dan akan mengerucut ke point yang refresentatif via *Center of Mass* atau pendekatan biaya minimal pada fase *Big Crunch*. Jika dilihat dari performansi metode *Big Bang-Big Crunch Algorithm* lebih cepat konvergen dan *low cost computation* dibandingkan dengan *Genetic Algorithm*.

Adapun metode *Big Bang-Big Crunch algorithm* adalah sebagai berikut [10,11,12] :

1. Inisialisasi generation dari N kandidat dari hasil pengacakan pada ruang pencarian.
2. Kalkulasikan atau hitung fungsi *fitness* dari semua kandidat solusi (cari nilai *cost function*)
3. Hitung *Center Of Mass* dengan persamaan berikut ini :

$$\vec{x}^c = \frac{\sum_{i=1}^N \frac{1}{f^i} \vec{x}^i}{\sum_{i=1}^N \frac{1}{f^i}} \quad (2.21)$$

Kemudian best fitness yang sudah dihitung dijadikan sebagai *Center Of Mass*

4. Hitung kandidat baru yang menuju *Center Of Mass* dengan menambah atau mengalikan angka yang diacak, angka atau nilai akan berkurang setiap dilakukan iterasi dengan persamaan berikut :

$$x^{new} = x^c + lr / k \quad (2.22)$$

x^c = *Center Of Mass*

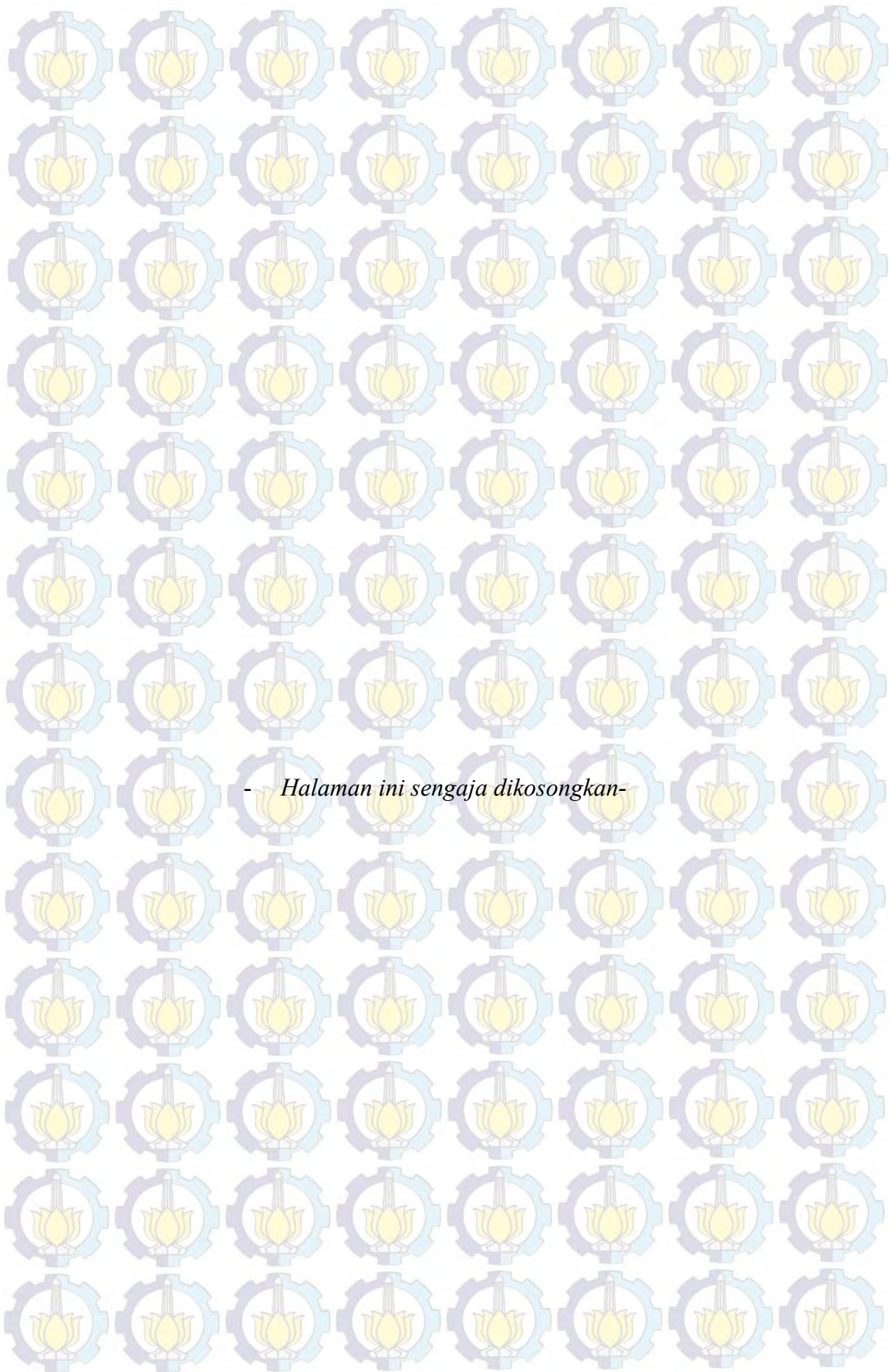
l = *Upper* limit dari parameter

r = Normal random

k = Langkah iterasi

x^{new} = *Upper* dan *lower bounded*

5. Kembali ke langkah 2 sampai kriteria sudah ketemu kemudian stop



BAB 3

METODE PENELITIAN

3.1 Studi Literatur

Pada penelitian ini dilakukan studi literatur dengan cara mencari bahan bacaan dari paper atau jurnal nasional dan internasional, tugas akhir dan buku-buku teks yang berkaitan dengan peramalan beban yang akan diteliti. Pada penelitian ini literatur yang digunakan sebagai acuan adalah sebagai berikut :

1. Referensi dari paper baik nasional maupun internasional yang berhubungan dengan peramalan beban jangka pendek (*short term load forecasting*).
2. Referensi dari buku-buku teks dan tugas akhir yang berkaitan dengan peramalan beban jangka pendek
3. Referensi dari paper nasional dan internasional tentang *Fuzzy logic* khususnya *interval type-2 Fuzzy Logic System* dan penyelesaiannya
4. Referensi paper internasional tentang optimisasi menggunakan *Big Bang-Big Crunch Algorithm*.

3.2 Lokasi Penelitian

Pada penelitian ini akan mengkaji konsumsi tenaga listrik pada Sistem Kelistrikan Kalimantan Selatan dan Tengah. Tempat observasi dan pengambilan data dilakukan pada tempat tersebut, kemudian akan dilakukan peramalan beban jangka pendek untuk hari libur nasional menggunakan *interval type-2 fuzzy inference system* yang dioptimisasi menggunakan *Big Bang-Big Crunch Algorithm*. Proses persiapan, analisis, komputasi, pelaporan dan lain-lain dilakukan di laboratorium *Power System Operation dan Control (PSOC)-FTI-JTE-ITS*.

3.3 Alat yang digunakan

Pada penelitian ini diperlukan perangkat keras (*hardware*) berupa satu unit laptop dan perangkat lunak (*software*) berupa software Matlab, Ms.excell dan koneksi internet untuk *preprocessing*, *processing* dan *postprocessing*.

3.4 Pengumpulan Data dan Analisis

Data yang digunakan pada penelitian ini adalah data kuantitatif beban listrik harian dalam satuan Megawatt (MW) pada sistem kelistrikan Kalimantan Selatan dan Tengah untuk hari libur nasional dan empat hari sebelum hari libur, dalam rentang waktu delapan tahun setiap satu jam selama 24 jam.

3.5 Sistem Kelistrikan Kalimantan Selatan dan Tengah

Single line diagram sistem kelistrikan Kalimantan Selatan dan Tengah (KalSelTeng) yang diperoleh dari PT.PLN (Persero), Area Pengatur dan Penyalur Beban (AP2B) adalah seperti pada Lampiran A

3.6 Tahap penelitian

Tahapan penelitian ini terdiri dari persiapan (*pre-processing*), pengolahan (*processing*) dan lanjutan (*post-processing*). Tahapan penelitian tersebut akan dijelaskan sebagai berikut :

3.6.1 Tahap Persiapan (*pre-processing*)

Tahapan persiapan yaitu persiapan data beban puncak 14 hari libur nasional untuk mencari *Variation Load Deffrence* aktual, adapun kegiatannya sebagai berikut :

1. Melakukan pengumpulan data beban listrik harian selama delapan tahun pada sistem kelistrikan Kalimantan Selatan dan Tengah. Kemudian melakukan pengelompokan data untuk masing-masing hari libur nasional pada tahun tersebut.

2. Identifikasi beban puncak (P_{max}) pada empat hari sebelum hari libur nasional.

$$MaxWD_{(i)} = \frac{WD_{(i)h-4} + WD_{(i)h-3} + WD_{(i)h-2} + WD_{(i)h-1}}{4} \quad (3.1)$$

3. Menghitung perbedaan beban puncak (*Load Difference*) pada hari libur nasional yang akan diramal.

$$LD_{MAX}(i) = \frac{MaxSD(i) - MaxWD(i)}{MaxWD(i)} \times 100 \quad (3.2)$$

5. Mencari karakteristik perbedaan beban puncak yang khas atau $TLD_{MAX}(i)$ dengan cara merata-rata beban puncak $LD_{MAX}(i)$ yang sama pada tahun-tahun sebelumnya.
6. Mencari Variasi Beban Puncak (*Variation Load Defference*) pada masing –masing hari libur.

$$VLD_{max}(i) = LD_{max}(i) - TLD_{max}(i) \quad (3.3)$$

3.6.2 Tahap Pengolahan (*processing*)

Pada tahap pengolahan yaitu memodelkan peramalan beban jangka pendek pada hari libur nasional menggunakan *Interval Type-2 Fuzzy Inference System* dan *Big Bang-Big Crunch algorithm* sebagai berikut :

1. Membuat fungsi keanggotaan (*membership function*) input *interval type-2 fuzzy logic system* yaitu input X dan Y, dan fungsi keanggotaan output yaitu Z untuk hari yang akan diramal dengan ketentuan sebagai berikut :

X : $VLD_{max}(i)$ hari libur yang sama pada tahun sebelum tahun peramalan.

Y : $VLD_{max}(i)$ hari libur sebelumnya (berdekatan) dalam jenis hari libur yang sama pada tahun peramalan.

Z : *Forecast* $VLD_{max}(i)$ hari libur yang akan diramal.

2. Melakukan optimisasi terhadap fungsi keanggotaan dari *interval type-2 fuzzy logic system* yaitu *antecedent* (X,Y) dan *consequent* (Z) menggunakan *Big Bang-Big Crunch algorithm* untuk mendapatkan nilai terbaik dari *footprint of uncertainty*.

3. Membuat aturan fuzzy (*fuzzy rules*) *interval type-2 fuzzy inference system (IT2FIS)*

sebagai berikut :

IF X is A_i AND Y is B_i THEN Z is C_i

4. Menerapkan operasi AND pada *interval type-2 fuzzy inference system (IT2FIS)*

5. Menerapkan fungsi implikasi MIN pada *fuzzy rules*

6. Menerapkan komposisi MAX pada masing-masing hasil implikasi *fuzzy rules*

7. Menghitung nilai defuzifikasi melalui *type reducer* menggunakan Algoritma Kernik

Mendel sehingga mendapatkan nilai *Forecast VLD_{max}*

3.6.3 Tahap Lanjutan (*post-processing*)

Pada tahap lanjutan yaitu mencari nilai beban puncak dan error peramalan dari *Forecast VLD_{max}*, adapun kegiatannya sebagai berikut :

1. Menghitung perbedaan beban puncak ramalan (*forecast load defference*) untuk hari yang diramal :

$$\text{Forecast LD}_{MAX}(i) = \text{Forecast VLD}_{MAX}(i) + \text{TLD}_{MAX}(i) \quad (3.4)$$

2. Menghitung perbedaan beban puncak hari libur yang diramal :

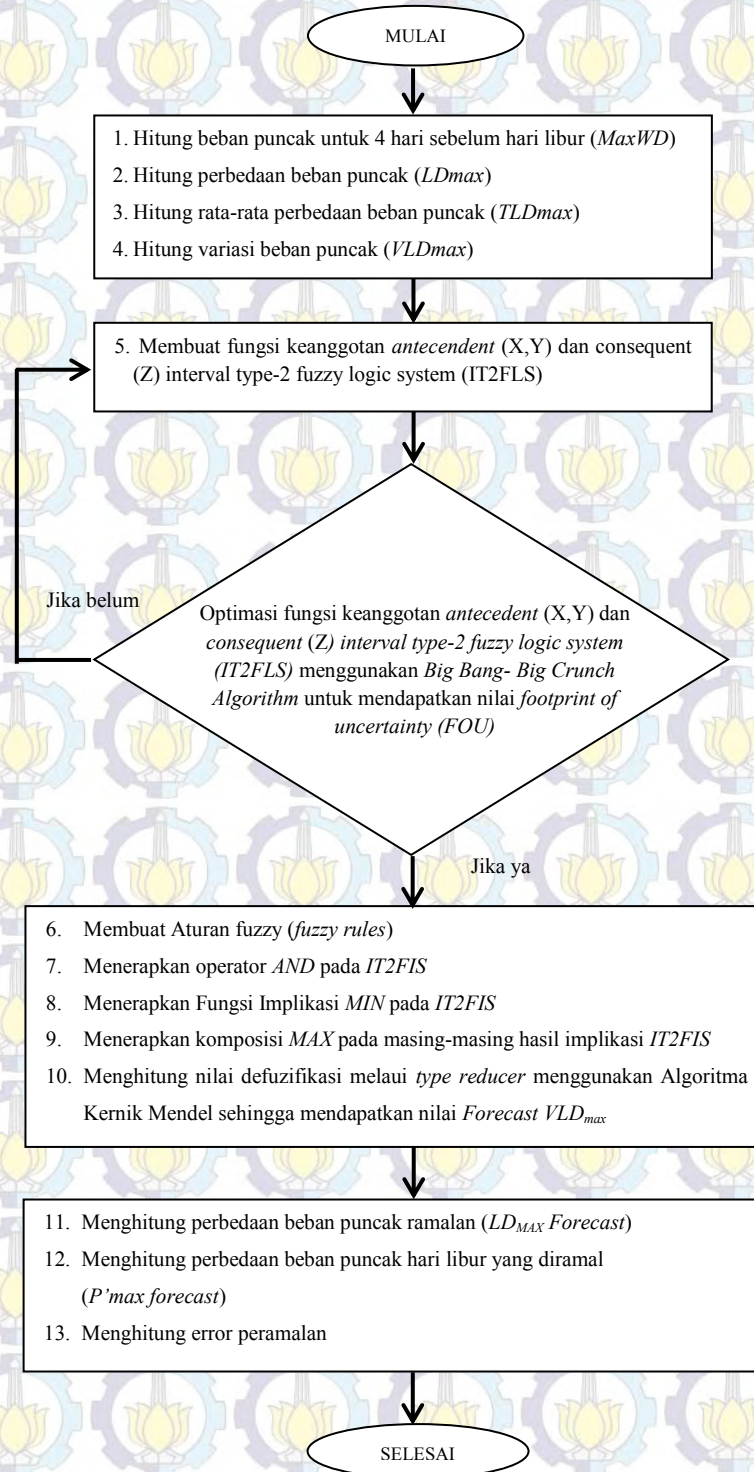
$$P'_{MAX}(i) = \text{MaxWD}(i) + \frac{(\text{Forecast LD}_{MAX} \times \text{MaxWD}(i))}{100} \quad (3.5)$$

3. Menghitung error hasil peramalan :

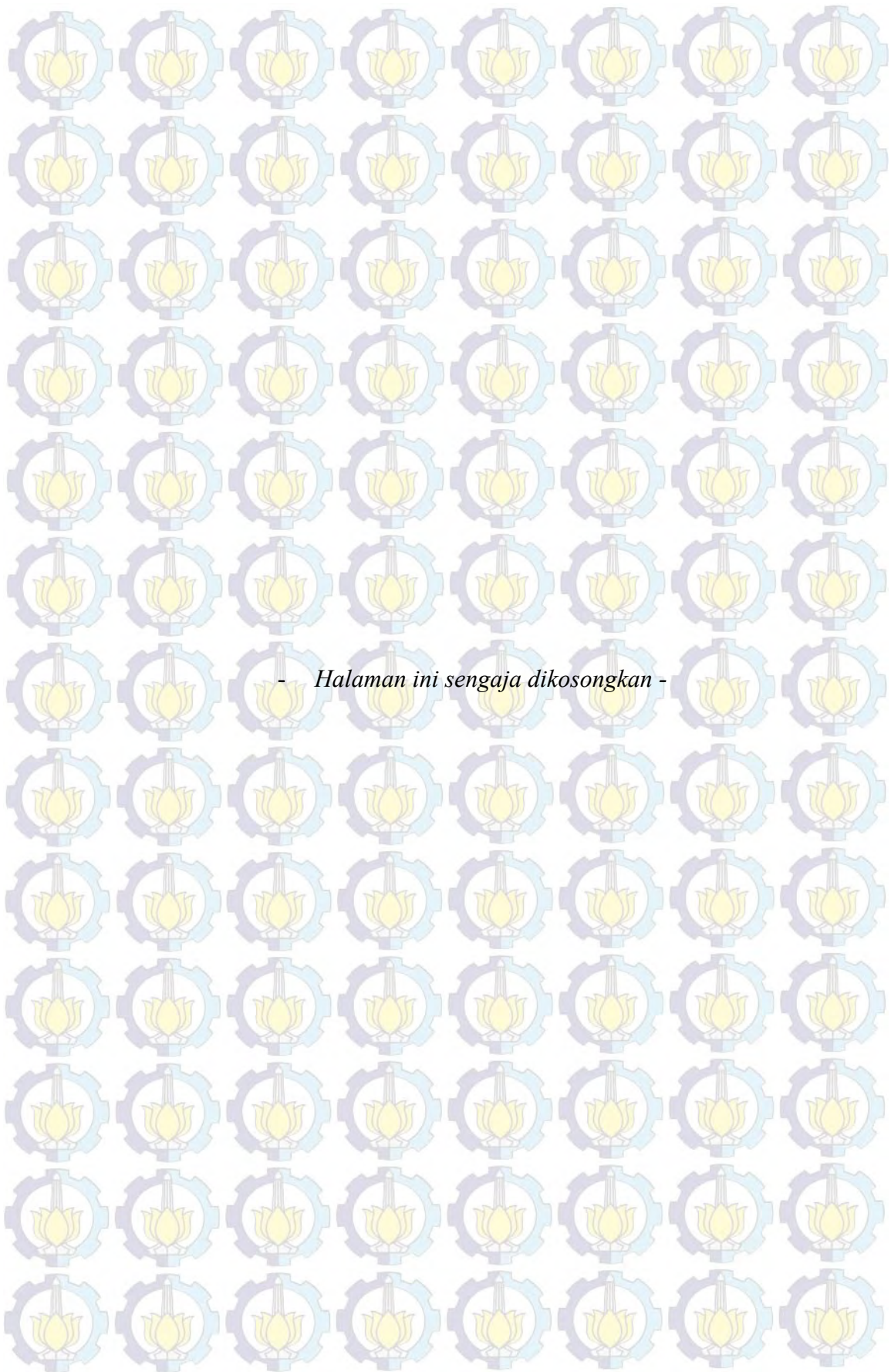
$$\text{Error}\% = \frac{P_{\text{forecast}} - P_{\text{actual}}}{P_{\text{actual}}} \times 100 \quad (3.6)$$
$$\text{Error}\% = \frac{P'_{MAX}(i) - \text{MaxSD}(i)}{\text{MaxSD}(i)} \times 100$$

Setelah menghitung error peramalan untuk 14 hari libur nasional menggunakan metode *IT2FIS-BBBC* yang ditunjukkan oleh nilai *mean average percentage error (MAPE)*. Kemudian nilai *MAPE* tersebut akan dibandingkan dengan error peramalan beban menggunakan metode sebelumnya yaitu *IT2FIS* untuk tahun peramalan 2008 sampai tahun 2013.

3.7 Diagram Alur Penelitian



Gambar 3.1 Diagram Alur Penelitian



BAB 4

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Pengolahan Data Beban Puncak Hari Libur Nasional

Pada penelitian ini beban puncak hari libur nasional di Indonesia terbagi menjadi empat kelompok yaitu Hari Libur Umum, Hari Raya Islam, Hari Raya Kristen dan Hari Raya Hindu, Budha, Tionghoa. Total hari libur tersebut adalah 14 hari libur dari periode tahun 2008 sampai 2013 yang ditunjukkan pada Tabel 4.1

Tabel 4.1 Hari Libur Nasional di Indonesia mulai tahun 2008 sampai 2013

No	Kelompok	Nama Hari Libur	Periode					
			2008	2009	2010	2011	2012	2013
1	Hari Libur Umum	Tahun Baru Masehi	01 Januari	01 Januari	01 Januari	01 Januari	01 Januari	01 Januari
2		Kemerdekaan RI	17 Agustus	17 Agustus	17 Agustus	17 Agustus	17 Agustus	17 Agustus
3	Hari Raya Islam	Idul Adha	08 Desember	27 Nopember	17 Nopember	06 Nopember	26 Oktober	15 Oktober
4		Tahun Baru Hijriah	10 Januari	18 Desember	07 Desember	27 Nopember	15 Nopember	05 Nopember
5		Maulid Nabi Muhammad	20 Maret	09 Maret	26 Februari	15 Februari	05 Pebruari	24 Januari
6		Isra Mi'raj	30 Juli	20 Juli	10 Juli	29 Juni	17 Juni	06 Juni
7		Idul Fitri I	01 Oktober	20 September	10 September	31 Agustus	19 Agustus	08 Agustus
8		Idul Fitri II	02 Oktober	21 September	10 September	01 September	20 Agustus	09 Agustus
9	Hari Raya Kristen	Wafat Isa Almasih	21 Maret	10 April	02 April	22 April	06 April	29 Maret
10		Kenaikan Isa Almasih	01 Mei	21 Mei	13 Mei	02 Juni	17 Mei	09 Mei
11		Natal	25 Desember	25 Desember	25 Desember	25 Desember	25 Desember	25 Desember
12	Hari Raya Hindu ,Budha,Tionghoa	Nyepi	07 Maret	26 Maret	16 Maret	05 Maret	23 Maret	12 Maret
13		Tahun Baru Imlek	07 Februari	26 Januari	14 Februari	03 Februari	23 Januari	10 Pebruari
14		Waisak	20 Mei	09 Mei	28 Mei	17 Mei	06 Mei	25 Mei

Berdasarkan histori beban puncak hari libur nasional pada sistem kelistrikan KalSelTeng, maka dilakukan pengolahan data pada tahapan persiapan (*preprocessing*) untuk mendapatkan variabel input X,Y dan variabel output Z peramalan beban puncak hari libur nasional .

4.1.2 Perhitungan Nilai Variabel Input X

Perhitungan nilai variabel input X pada peramalan beban puncak hari libur nasional Isra Mi'raj tahun 2008 adalah mencari nilai *Variabel Load Deffrence* (VLD_{MAX}) tahun sebelum peramalan yaitu Isra Mi'raj tahun 2007. Perhitungan nilai VLD_{MAX} (Isra Mi'raj 2007) dihitung berdasarkan persamaan 3.1, 3.2, dan 3.3 sebagai berikut :

a.) Isra Mi'raj tahun 2005

Mencari nilai $MaxWD$ dan LD_{MAX} dari data beban puncak 4 hari sebelum hari libur dan pada hari libur sebagai berikut :

$$MaxWD_{H-4} = 215,26 \text{ MW}$$

$$MaxWD_{H-3} = 226,04 \text{ MW}$$

$$MaxWD_{H-2} = 234,88 \text{ MW}$$

$$MaxWD_{H-1} = 234,08 \text{ MW dan}$$

$$MaxSD = 232,65 \text{ MW}$$

$$\begin{aligned} MaxWD(\text{Isra Miraj } 2005) &= \frac{MaxWD_{H-4} + MaxWD_{H-3} + MaxWD_{H-2} + MaxWD_{H-1}}{4} \\ &= \frac{215,26 + 226,04 + 234,88 + 234,08}{4} \\ &= 227,565 \text{ MW} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} LD_{MAX}(\text{Isra Miraj } 2005) &= \frac{MaxSD(\text{Isra Miraj } 2005) - MaxWD(\text{Isra Miraj } 2005)}{MaxWD(\text{Isra Miraj } 2005)} \times 100 \\ &= \frac{232,65 - 227,565}{227,565} \times 100 \\ &= 2,23453 \end{aligned}$$

b.) Isra Mi'raj tahun 2006

Mencari nilai $MaxWD$ dan LD_{MAX} dari data beban puncak 4 hari sebelum hari libur dan pada hari libur sebagai berikut :

$$MaxWD_{H-4} = 229,14 \text{ MW}$$

$$MaxWD_{H-3} = 233,81 \text{ MW}$$

$$MaxWD_{H-2} = 235,02MW$$

$$MaxWD_{H-1} = 244,07MW \text{ dan}$$

$$MaxSD = 231,60 MW$$

$$MaxWD(Isra Miraj 2006) = \frac{MaxWD_{H-4} + MaxWD_{H-3} + MaxWD_{H-2} + MaxWD_{H-1}}{4}$$

$$= \frac{229,14 + 233,81 + 235,02 + 244,07}{4}$$

$$= 235,51MW$$

$$LD_{MAX}(Isra Miraj 2006) = \frac{MaxSD(Isra Miraj 2006) - MaxWD(Isra Miraj 2006)}{MaxWD(Isra Miraj 2006)} \times 100$$

$$= \frac{231,60 - 235,51}{235,51} \times 100$$

$$= -1,6602$$

c.) Isra Mi'raj tahun 2007

Mencari nilai $MaxWD$ dan LD_{MAX} dari data beban puncak 4 hari sebelum hari libur dan pada hari libur sebagai berikut :

$$MaxWD_{H-4} = 243,80 MW$$

$$MaxWD_{H-3} = 246,35 MW$$

$$MaxWD_{H-2} = 241,40 MW$$

$$MaxWD_{H-1} = 242,70 MW \text{ dan}$$

$$MaxSD = 248,40 MW$$

$$MaxWD(Isra Miraj 2007) = \frac{MaxWD_{H-4} + MaxWD_{H-3} + MaxWD_{H-2} + MaxWD_{H-1}}{4}$$

$$= \frac{243,80 + 246,35 + 241,40 + 242,70}{4}$$

$$= 243,56MW$$

$$LD_{MAX}(Isra Miraj 2007) = \frac{MaxSD(Isra Miraj 2007) - MaxWD(Isra Miraj 2007)}{MaxWD(Isra Miraj 2007)} \times 100$$

$$= \frac{248,40 - 243,56}{243,56} \times 100$$

$$= 1,98614$$

$$\begin{aligned}
 TLD_{MAX}(Isra\ Miraj\ 2007) &= \frac{LD_{MAX}(Isra\ Miraj\ 2005) + LD_{MAX}(Isra\ Miraj\ 2006)}{2} \\
 &= \frac{2,23453 - 1,6602}{2} \\
 &= 0,28715
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 VLD_{MAX}(Isra\ Miraj\ 2007) &= LD_{MAX}(Isra\ Miraj\ 2007) - TLD_{MAX}(Isra\ Miraj\ 2007) \\
 &= 1,98614 - 0,28715 \\
 &= 1,69899
 \end{aligned}$$

d.) Isra Mi'raj tahun 2008

Mencari nilai $MaxWD$ dan LD_{MAX} dari data beban puncak 4 hari sebelum hari libur dan pada hari libur sebagai berikut :

$$MaxWD_{H-4} = 225,95\ MW$$

$$MaxWD_{H-3} = 233,80\ MW$$

$$MaxWD_{H-2} = 230,95\ MW$$

$$MaxWD_{H-1} = 227,95\ MW\ dan$$

$$MaxSD = 239,40\ MW$$

$$\begin{aligned}
 MaxWD(Isra\ Miraj\ 2008) &= \frac{MaxWD_{H-4} + MaxWD_{H-3} + MaxWD_{H-2} + MaxWD_{H-1}}{4} \\
 &= \frac{225,95 + 233,80 + 230,95 + 227,95}{4} \\
 &= 229,663\ MW
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 LD_{MAX}(Isra\ Miraj\ 2008) &= \frac{MaxSD(Isra\ Miraj\ 2008) - MaxWD(Isra\ Miraj\ 2008)}{MaxWD(Isra\ Miraj\ 2008)} \times 100 \\
 &= \frac{239,40 - 229,663}{229,663} \times 100 \\
 &= 4,23992
 \end{aligned}$$

$$TLD_{MAX}(Isra\ Miraj\ 2008) = \frac{LD_{MAX}(Isra\ Miraj\ 2005) + LD_{MAX}(Isra\ Miraj\ 2006) + LD_{MAX}(Isra\ Miraj\ 2007)}{3}$$

$$= \frac{2,23453 - 1,6602 + 1,98614}{3}$$

$$= 0,85348$$

$$VLD_{MAX}(Isra\ Miraj\ 2008) = LD_{MAX}(Isra\ Miraj\ 2008) - TLD_{MAX}(Isra\ Miraj\ 2008)$$

$$= 4,23992 - 0,85348$$

$$= 3,38644$$

4.1.3 Perhitungan Nilai Variabel Input Y

Perhitungan nilai variable input Y pada peramalan beban puncak hari libur nasional Isra Mi'raj tahun 2008 adalah mencari nilai Variabel Load Difference (VLD_{MAX}) hari libur sejenis yang mendekati yaitu VLD_{MAX} (Maulid 2008). Perhitungan nilai VLD_{MAX} (Maulid 2008) dihitung berdasarkan persamaan 3.1, 3.2, dan 3.3 sebagai berikut :

a.) Maulid tahun 2005

Mencari nilai $MaxWD$ dan LD_{MAX} dari data beban puncak 4 hari sebelum hari libur dan pada hari libur sebagai berikut :

$$MaxWD_{H-4} = 219,81\ MW$$

$$MaxWD_{H-3} = 225,16\ MW$$

$$MaxWD_{H-2} = 231,28\ MW$$

$$MaxWD_{H-1} = 223,53\ MW\ dan$$

$$MaxSD = 220,36\ MW$$

$$MaxWD(Maulid\ 2005) = \frac{MaxWD_{H-4} + MaxWD_{H-3} + MaxWD_{H-2} + MaxWD_{H-1}}{4}$$

$$= \frac{219,81 + 225,16 + 231,28 + 223,53}{4}$$

$$= 224,945\ MW$$

$$\begin{aligned}
 LD_{MAX}(Maulid\ 2005) &= \frac{MaxSD(Maulid\ 2005) - MaxWD(Maulid\ 2005)}{MaxWD(Maulid\ 2005)} \times 100 \\
 &= \frac{220,36 - 224,945}{224,945} \times 100 \\
 &= -2,0383
 \end{aligned}$$

a.) Maulid tahun 2006

Mencari nilai $MaxWD$ dan LD_{MAX} dari data beban puncak 4 hari sebelum hari libur dan pada hari libur sebagai berikut :

$$MaxWD_{H-4} = 231,52\ MW$$

$$MaxWD_{H-3} = 228,15\ MW$$

$$MaxWD_{H-2} = 215,95\ MW$$

$$MaxWD_{H-1} = 209,81\ MW\ \text{dan}$$

$$MaxSD = 221,63\ MW$$

$$\begin{aligned}
 MaxWD(Maulid\ 2006) &= \frac{MaxWD_{H-4} + MaxWD_{H-3} + MaxWD_{H-2} + MaxWD_{H-1}}{4} \\
 &= \frac{231,52 + 228,15 + 215,95 + 209,81}{4} \\
 &= 221,358\ MW
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 LD_{MAX}(Maulid\ 2006) &= \frac{MaxSD(Maulid\ 2006) - MaxWD(Maulid\ 2006)}{MaxWD(Maulid\ 2006)} \times 100 \\
 &= \frac{221,63 - 221,358}{221,358} \times 100 \\
 &= 0,1231
 \end{aligned}$$

b.) Maulid tahun 2007

Mencari nilai $MaxWD$ dan LD_{MAX} dari data beban puncak 4 hari sebelum hari libur dan pada hari libur sebagai berikut :

$$MaxWD_{H-4} = 249,07\ MW$$

$$MaxWD_{H-3} = 241,41\ MW$$

$$MaxWD_{H-2} = 242,17\ MW$$

$$MaxWD_{H-1} = 238,52 \text{ MW dan}$$

$$MaxSD = 235,21 \text{ MW}$$

$$\begin{aligned} MaxWD(Maulid 2007) &= \frac{MaxWD_{H-4} + MaxWD_{H-3} + MaxWD_{H-2} + MaxWD_{H-1}}{4} \\ &= \frac{249,07 + 241,41 + 242,17 + 238,52}{4} \\ &= 242,79 \text{ MW} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} LD_{MAX}(Maulid 2007) &= \frac{MaxSD(Maulid 2007) - MaxWD(Maulid 2007)}{MaxWD(Maulid 2007)} \times 100 \\ &= \frac{235,21 - 242,79}{242,79} \times 100 \\ &= -3,1230 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} TLD_{MAX}(Maulid 2007) &= \frac{LD_{MAX}(Maulid 2005) + LD_{MAX}(Maulid 2006)}{2} \\ &= \frac{-2,0383 + 0,1231}{2} \\ &= -0,9576 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} VLD_{MAX}(Maulid 2007) &= LD_{MAX}(Maulid 2007) - TLD_{MAX}(Maulid 2007) \\ &= -3,1230 - 0,9576 \\ &= -2,1655 \end{aligned}$$

c.) Maulid tahun 2008

Mencari nilai $MaxWD$ dan LD_{MAX} dari data beban puncak 4 hari sebelum hari libur dan pada hari libur sebagai berikut :

$$MaxWD_{H-4} = 253,10 \text{ MW}$$

$$MaxWD_{H-3} = 238,40 \text{ MW}$$

$$MaxWD_{H-2} = 251,60 \text{ MW}$$

$$MaxWD_{H-1} = 253,30 \text{ MW dan}$$

$$MaxSD = 245,70 \text{ MW}$$

$$\begin{aligned}
 MaxWD(Maulid\ 2008) &= \frac{MaxWD_{H-4} + MaxWD_{H-3} + MaxWD_{H-2} + MaxWD_{H-1}}{4} \\
 &= \frac{253,10 + 238,40 + 251,60 + 253,30}{4} \\
 &= 249,10 MW
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 LD_{MAX}(Maulid\ 2008) &= \frac{MaxSD(Maulid\ 2008) - MaxWD(Maulid\ 2008)}{MaxWD(Maulid\ 2008)} \times 100 \\
 &= \frac{245,70 - 249,10}{249,10} \times 100 \\
 &= -1,3649
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 TLD_{MAX}(Maulid\ 2008) &= \frac{LD_{MAX}(Maulid\ 2005) + LD_{MAX}(Maulid\ 2006) + LD_{MAX}(Maulid\ 2007)}{3} \\
 &= \frac{-2,0383 + 0,1231 - 3,1230}{3} \\
 &= -0,9576
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 VLD_{MAX}(Maulid\ 2008) &= LD_{MAX}(Maulid\ 2008) - TLD_{MAX}(Maulid\ 2008) \\
 &= -1,3649 - (-1,6794) \\
 &= 0,31449
 \end{aligned}$$

4.1.3 Perhitungan Variabel Output Z

Perhitungan nilai variabel output pada peramalan beban puncak hari libur nasional Isra Mi'raj tahun 2008 adalah mencari nilai *Variabel Load Deffrence* (VLD_{MAX}) tahun peramalan yaitu Isra Mi'raj tahun 2008. Perhitungan dengan cara yang sama untuk seluruh hari libur nasional periode tahun 2005-2008 untuk mendapatkan nilai VLD_{MAX} menggunakan *software Microsoft Office Excel 2010* yang hasilnya dalam sebuah tabel seperti ditunjukkan pada Tabel 4.2 sebagai berikut :

Tabel 4.2 Nilai $MaxWD$, LD_{MAX} , TLD_{MAX} dan VLD_{MAX} tahun 2005 - 2008

Kelompok	Nama Hari Libur	Tahun 2005		Tahun 2006		Tahun 2007				Tahun 2008			
		MaxWD	LD _{MAX}	MaxWD	LD _{MAX}	MaxWD	LD _{MAX}	TLD _{MAX}	VLD _{MAX}	MaxWD	LD _{MAX}	TLD _{MAX}	VLD _{MAX}
Hari Libur Umum	1. Tahun Baru Masehi	211	-0,947	221,355	-6,5483	213,663	3,4716	-3,7481	7,21968	241,275	-0,52844	-1,3415	0,81308
	2. Proklamasi Kemerdekaan RI	217,28	-5,2098	229,8475	-0,3078	242,838	1,2817	-2,7588	4,04056	236,5875	1,01971	-1,412	2,43169
Hari Raya Islam	1. Idul Adha	213,0225	-13,962	224,375	-11,8529	211,10	10,4453	-12,9075	23,3528	219,725	-3,2199	-5,1233	1,9033
	2. Tahun Baru Hijriah	212,62	-5,0606	229,5975	-5,4998	222,77	-1,0504	-5,2803	4,2298	245,85	0,46776	-3,8703	4,33807
	3. Maulid Nabi Muhammad	224,945	-2,0382	221,3575	0,1231	242,793	-3,12303	-0,9576	-2,1655	249,1	-1,3649	-1,6794	0,31449
	4. Isra Mi'raj	227,565	2,2345	235,51	-1,6602	243,563	1,98614	0,28715	1,69899	229,6625	4,23992	0,85348	3,38644
	5. Idul Fitri I	208,515	-3,5129	229,145	-2,0751	234,675	-3,5262	-2,79402	-0,7321	235,625	-6,77984	-3,0381	-3,74177
	6. Idul Fitri II	206,2725	-0,4084	226,4025	-3,4419	231,788	-1,8713	-1,9252	0,0538	231,5125	-5,815	-1,9072	-3,9078
Hari Raya Kristen	1. Wafatnya Isa Almasih	216,475	1,7669	224,0625	0,41841	236,35	-1,9589	1,09268	-3,0516	247,25	1,19312	0,07547	1,11766
	2. Kenaikan Isa Almasih	224,3075	-5,0054	223,09	3,9222	241,475	0,01035	-0,5416	0,55196	241,9125	-4,8416	-0,3576	-4,484
	3. Natal	195,9425	4,2780	214,8825	3,14009	243,713	-1,9131	3,70906	-5,6222	227,75	5,59824	1,835	3,76324
Hari Raya Hindu , Budha , Tionghoa	1. Nyepi	223,1175	-1,7065	223,1175	-1,7065	231,068	-5,07535	-1,7065	-3,3689	218,4625	1,7566	-2,82945	4,58605
	2. Tahun Baru Imlek	216,56125	-8,3585	228,73	2,0417	185,398	5,0176	-3,1584	8,17599	240,7125	3,98297	-0,43306	4,41603
	3. Waisak	222,5	1,9326	235,385	-1,5315	237,713	3,48635	0,20053	3,28583	242,5375	-2,03576	1,2958	-3,3316

4.2 Optimisasi Peramalan Beban Puncak untuk Hari Libur Nasional

Menggunakan *IT2FIS-BBBC Algorithm*

Optimisasi *IT2FIS-BBBC Algorithm* untuk peramalan beban puncak hari libur nasional yaitu pada fungsi keanggotaan variabel input dan output dari *Interval type-2 fuzzy inference system*.

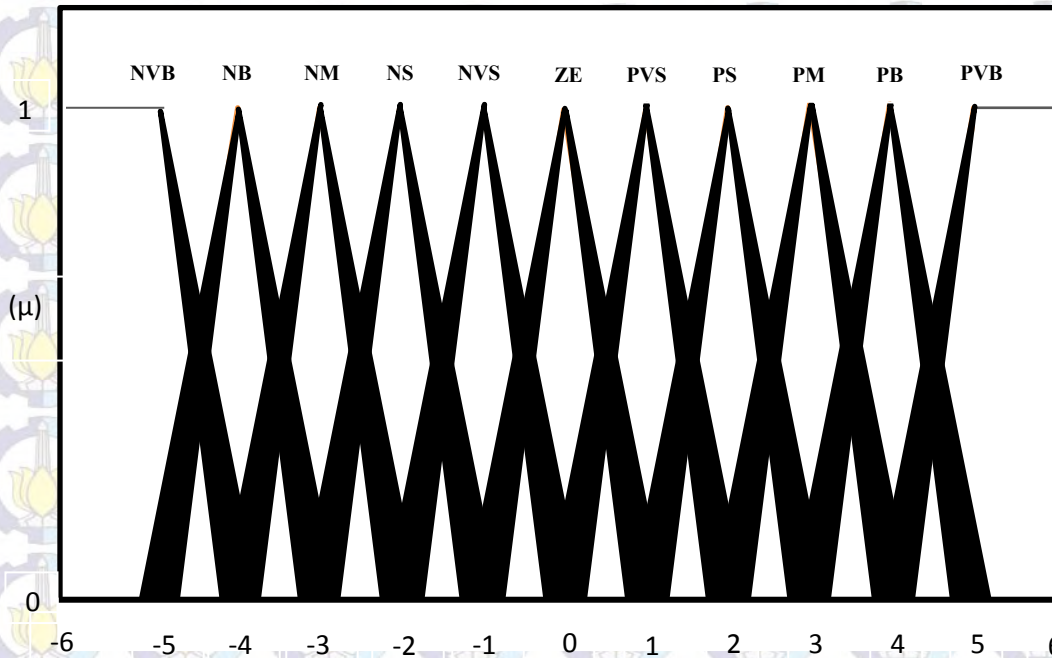
4.2.1 Fungsi Keanggotaan untuk Variabel Input dan Output

Operasi himpunan interval type-2 fuzzy identik dengan himpunan fuzzy type-1, tetapi pada interval type-2 fuzzy dilakukan dua kali fungsi keanggotaan fuzzy type-1. Berikut variabel input (X,Y) dan variabel output (Z) terdiri dari 11 himpunan Fuzzy adalah sebagai berikut :

- | | |
|-------------------------------------|-------------------------------------|
| 1) <i>Negative Very Big (NVB)</i> | dengan <i>range</i> nilai -6 s/d -4 |
| 2) <i>Negative Big (NB)</i> | dengan <i>range</i> nilai -5 s/d -3 |
| 3) <i>Negative Medium (NM)</i> | dengan <i>range</i> nilai -4 s/d -2 |
| 4) <i>Negative Small (NS)</i> | dengan <i>range</i> nilai -3 s/d -1 |
| 5) <i>Negative Very Small (NVS)</i> | dengan <i>range</i> nilai -2 s/d 0 |
| 6) <i>Zero (ZE)</i> | dengan <i>range</i> nilai -1 s/d 1 |
| 7) <i>Positive Very Small (PVS)</i> | dengan <i>range</i> nilai 0 s/d 2 |
| 8) <i>Positive Small (PS)</i> | dengan <i>range</i> nilai 1 s/d 3 |
| 9) <i>Positive Medium (PM)</i> | dengan <i>range</i> nilai 2 s/d 4 |
| 10) <i>Positive Big (PB)</i> | dengan <i>range</i> nilai 3 s/d 5 |
| 11) <i>Positive Very Big (PVB)</i> | dengan <i>range</i> nilai 4 s/d 6 |

Pada peneliti sebelumnya *FOU* didesain dalam kisaran ketidakpastian 50% dari batas atas dan batas bawah fungsi keanggotaan fuzzy type-1. Pada penelitian ini terdapat enam kandidat ketidakpastian *FOU antecedent* dan *consequent* yang dioptimisasi menggunakan *Big Bang-Big Crunch Algorithm* yaitu Probabilitas 44%, 46%, 48%, 50%, 52%, dan 54% dengan *objectif function* ditentukan sebesar 50%.

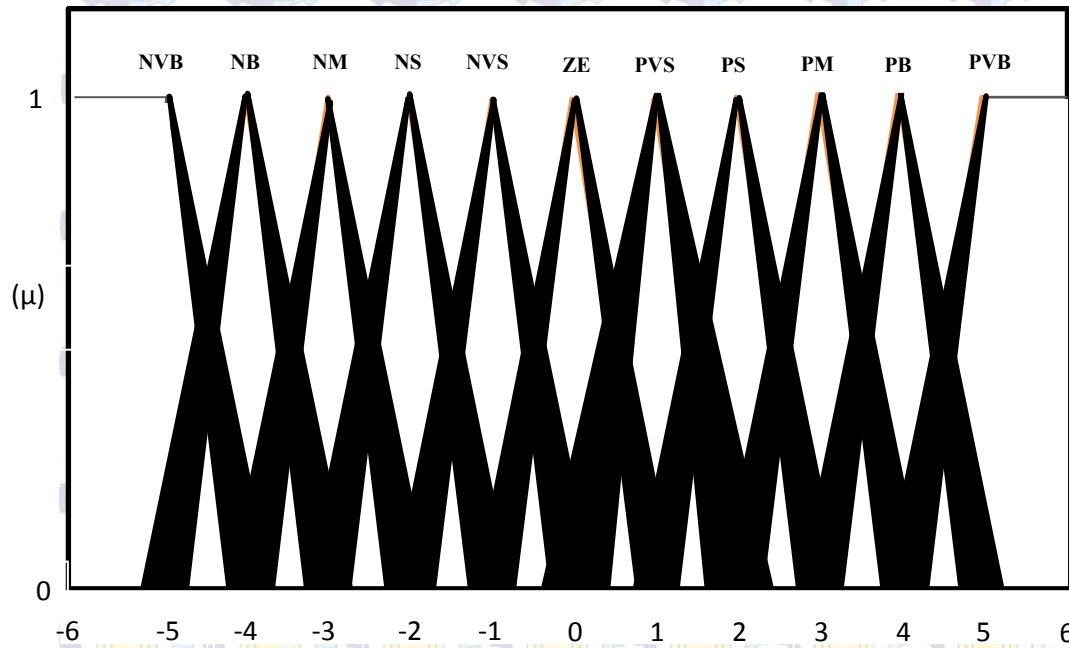
Perbandingan *antecedent* (X,Y) dan *consequent* (Z) dari peneliti sebelumnya dengan optimisasi *Big Bang-Big Crunch Algorithm* dilihat fungsi keanggotaan fuzzy pada Gambar 4.1 s/d 4.4 sebagai berikut :



Gambar 4.1 Fungsi Keanggotaan untuk variable X dan Y dengan probabilitas FOU 50 %

Program untuk variabel X dan Y dengan probabilitas 50 % pada *software MATLAB* adalah sebagai berikut :

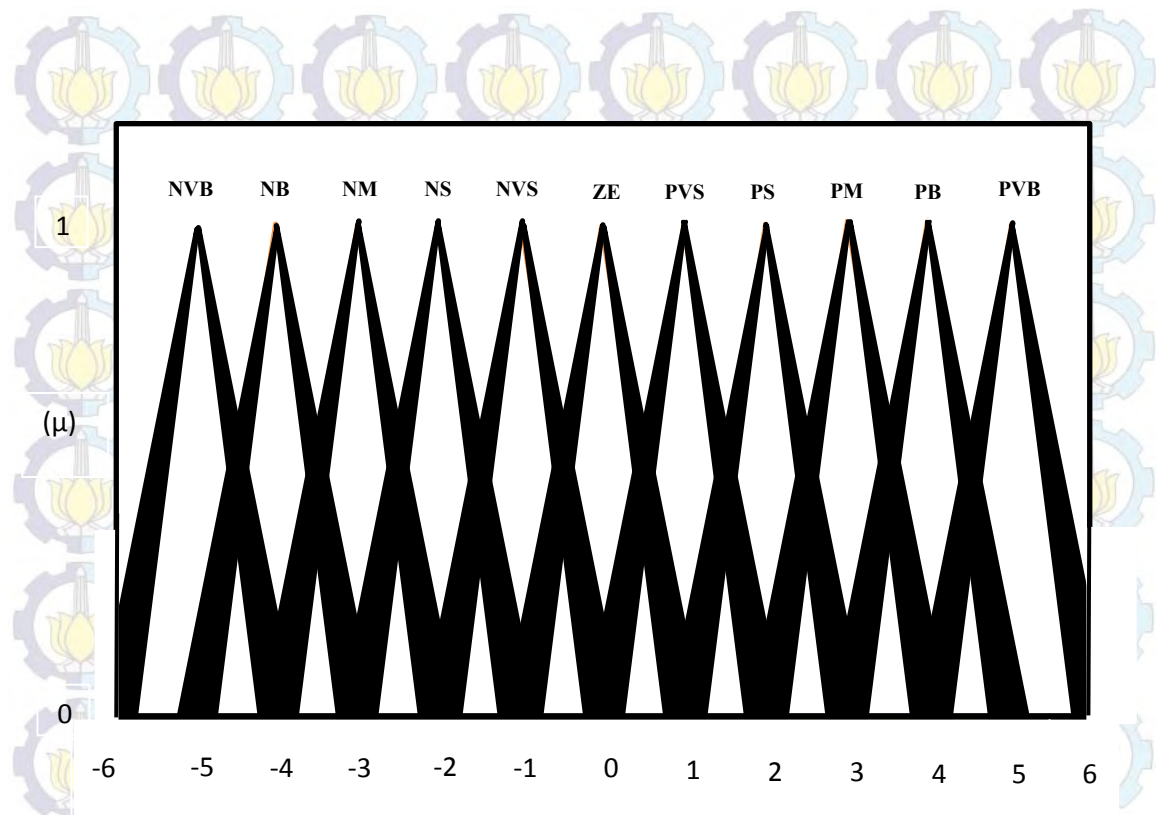
```
NVB =[-6 -6 -5 -4.25 -6 -6 -5 -3.75 6 ];
NB =[-5.25 -4 -3.25 -4.75 -4 -2.75];
NM =[-4.25 -3 -2.25 -3.75 -3 -1.75];
NS =[-3.25 -2 -1.25 -2.75 -2 -0.75];
NVS =[-2.25 -1 -0.25 -1.75 -1 0.25];
ZE =[-1.25 0 0.75 -0.75 0 1.25];
PVS =[-0.25 1 1.75 0.25 1 2.25];
PS =[ 0.75 2 2.75 1.25 2 3.25];
PM =[ 1.75 3 3.75 2.25 3 4.25];
PB =[ 2.75 4 4.75 3.25 4 5.25];
PVB =[ 3.75 5 6 6 4.25 5 6 6 6];
```

Gambar 4.2 Fungsi Keanggotaan untuk variable X dan Y dioptimisasi menggunakan *Big Bang Big Crunch Algorithm*

Hasil optimisasi menggunakan *Big Bang-Big Crunch Algorithm* pada software *MATLAB* untuk variabel X dan Y adalah sebagai berikut :

```
NVB = [-6 -6 -5 -4.2452 -6 -6 -5 -3.7548 6 ];
NB = [-5.2474 -4 -3.2474 -4.7526 -4 -2.7526];
NM = [-4.2484 -3 -2.2484 -3.7516 -3 -1.7516];
NS = [-3.2512 -2 -1.2512 -2.7448 -2 -0.7488];
NVS = [-2.2025 -1 -0.2025 -1.7975 -1 0.2975];
ZE = [-1.2450 0 0.7550 -0.7550 0 1.2450];
PVS = [-0.2875 1 1.7125 0.2875 1 2.2875];
PS = [ 0.7612 2 2.7612 1.2288 2 3.2388];
PM = [ 1.7584 3 3.7584 2.2416 3 4.2416];
PB = [ 2.7574 4 4.7574 3.2426 4 5.2426];
PVB = [ 3.7559 5 6 6 4.2441 5 6 6 6];
```

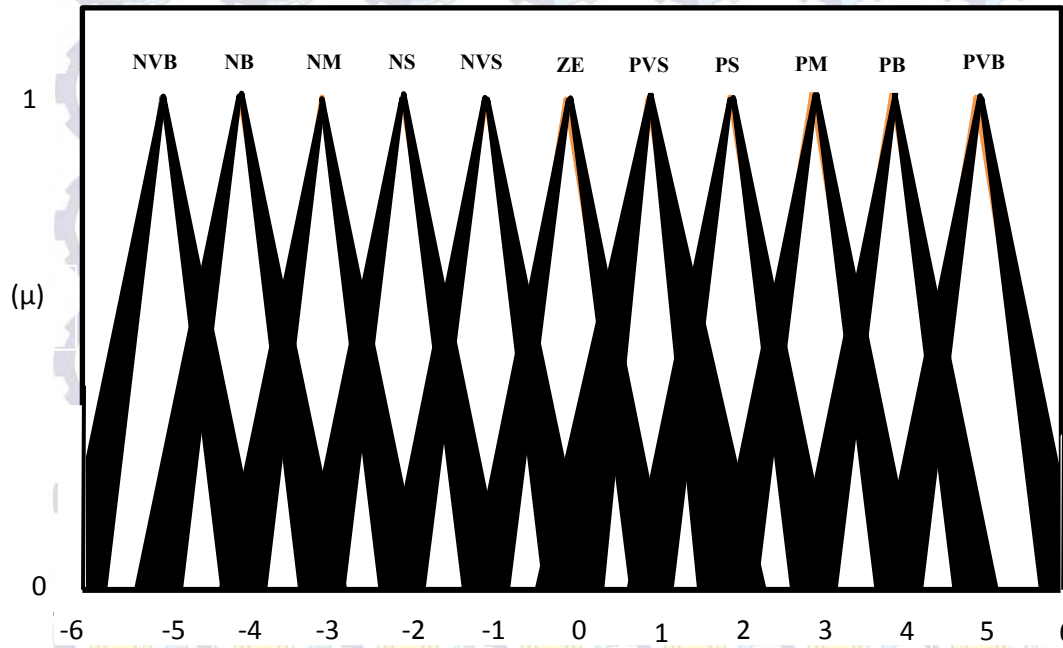



Gambar 4.3 Fungsi Keanggotaan untuk variable Z dengan probabilitas FOU 50 %

Program untuk variabel Z dengan probabilitas 50 % pada *software MATLAB*

adalah sebagai berikut :

```
NVB = [-6.25 -5 -4.25 -5.75 -5 -3.75];
NB = [-5.25 -4 -3.25 -4.75 -4 -2.75];
NM = [-4.25 -3 -2.25 -3.75 -3 -1.75];
NS = [-3.25 -2 -1.25 -2.75 -2 -0.75];
NVS = [-2.25 -1 -0.25 -1.75 -1 0.25];
ZE = [-1.25 0 0.75 -0.75 0 1.25];
PVS = [-0.25 1 1.75 0.25 1 2.25];
PS = [ 0.75 2 2.75 1.25 2 3.25];
PM = [ 1.75 3 3.75 2.25 3 4.25];
PB = [ 2.75 4 4.75 3.25 4 5.25];
PVB = [ 3.75 5 5.75 4.25 5 6.25];
```

Gambar 4.4 Fungsi Keanggotaan untuk variable Z dioptimasi menggunakan *Big Bang Big Crunch Algorithm*

Hasil optimisasi untuk variabel Z menggunakan *Big Bang-Big Crunch Algorithm* pada software *MATLAB* adalah sebagai berikut :

```

NVB = [-6.2469 -6 -4.2469 -5.7531 -5 -3.7531];
NB = [-5.2474 -4 -3.2474 -4.7526 -4 -2.7526];
NM = [-4.2484 -3 -2.2484 -3.7516 -3 -1.7516];
NS = [-3.2512 -2 -1.2512 -2.7448 -2 -0.7488];
NVS = [-2.2025 -1 -0.2025 -1.7975 -1 0.2975];
ZE = [-1.2450 0 0.7550 -0.7550 0 1.2450];
PVS = [-0.2875 1 1.7125 0.2875 1 2.2875];
PS = [ 0.7612 2 2.7612 1.2288 2 3.2388];
PM = [ 1.7584 3 3.7584 2.2416 3 4.2416];
PB = [ 2.7574 4 4.7574 3.2426 4 5.2426];
PVB = [ 3.7569 5 5.7569 4.2431 5 6.2431];

```


4.2.2 Aturan Fuzzy (*Fuzzy Rules*)

Ada 14 aturan dasar (*Fuzzy Rules*) pada tahun 2008 dan 2009, pada tahun 2010 dan 2011 memiliki 13 aturan dasar setelah pengurangan aturan dasar (reduksi), pada tahun 2012 memiliki 12 aturan dasar setelah dilakukan reduksi, kemudian pada tahun 2013 memiliki 13 aturan dasar setelah dilakukan pengurangan aturan dasar (*reduction*).

Himpunan Fuzzy variabel input (X,Y) dari VLD_{\max} hari libur nasional untuk masing-masing linguistik derajat keanggotaan variabel input fuzzy (X,Y) secara matematika dijabarkan sebagai berikut :

$$\mu_{X_{NVB}}[n] = \begin{cases} 0 & ; n \geq -4 \\ -4 - n & ; -5 \leq n \leq -4 \\ 1 & ; n \leq -5 \end{cases}$$

$$\mu_{X_{NB}}[n] = \begin{cases} 0 & ; n \leq -5 \text{ atau } n \geq -3 \\ n + 5 & ; -5 \leq n \leq -4 \\ -3 - n & ; -4 \leq n \leq -3 \end{cases}$$

$$\mu_{X_{NM}}[n] = \begin{cases} 0 & ; n \leq -4 \text{ atau } n \geq -2 \\ n + 4 & ; -4 \leq n \leq -3 \\ -2 - n & ; -3 \leq n \leq -2 \end{cases}$$

$$\mu_{X_{NS}}[n] = \begin{cases} 0 & ; n \leq -3 \text{ atau } n \geq -1 \\ n + 3 & ; -3 \leq n \leq -2 \\ -1 - n & ; -2 \leq n \leq -1 \end{cases}$$

$$\mu_{X_{NVS}}[n] = \begin{cases} 0 & ; n \leq -2 \text{ atau } n \geq 0 \\ n + 2 & ; -2 \leq n \leq -1 \\ -n & ; -1 \leq n \leq 0 \end{cases}$$

$$\mu_{X_{ZE}}[n] = \begin{cases} 0 & ; n \leq -1 \text{ atau } n \geq 1 \\ n + 1 & ; -1 \leq n \leq 0 \\ 1 - n & ; 0 \leq n \leq 1 \end{cases}$$

$$\mu_{X_{PVS}}[n] = \begin{cases} 0 & ; n \leq 0 \text{ atau } n \geq 2 \\ n & ; 0 \leq n \leq 1 \\ 2-n & ; 1 \leq n \leq 2 \end{cases}$$

$$\mu_{X_{PS}}[n] = \begin{cases} 0 & ; n \leq 1 \text{ atau } n \geq 3 \\ n-1 & ; 1 \leq n \leq 2 \\ 3-n & ; 2 \leq n \leq 3 \end{cases}$$

$$\mu_{X_{PM}}[n] = \begin{cases} 0 & ; n \leq 2 \text{ atau } n \geq 4 \\ n-2 & ; 2 \leq n \leq 3 \\ 4-n & ; 3 \leq n \leq 4 \end{cases}$$

$$\mu_{X_{PB}}[n] = \begin{cases} 0 & ; n \leq 3 \text{ atau } n \geq 5 \\ n-3 & ; 3 \leq n \leq 4 \\ 5-n & ; 4 \leq n \leq 5 \end{cases}$$

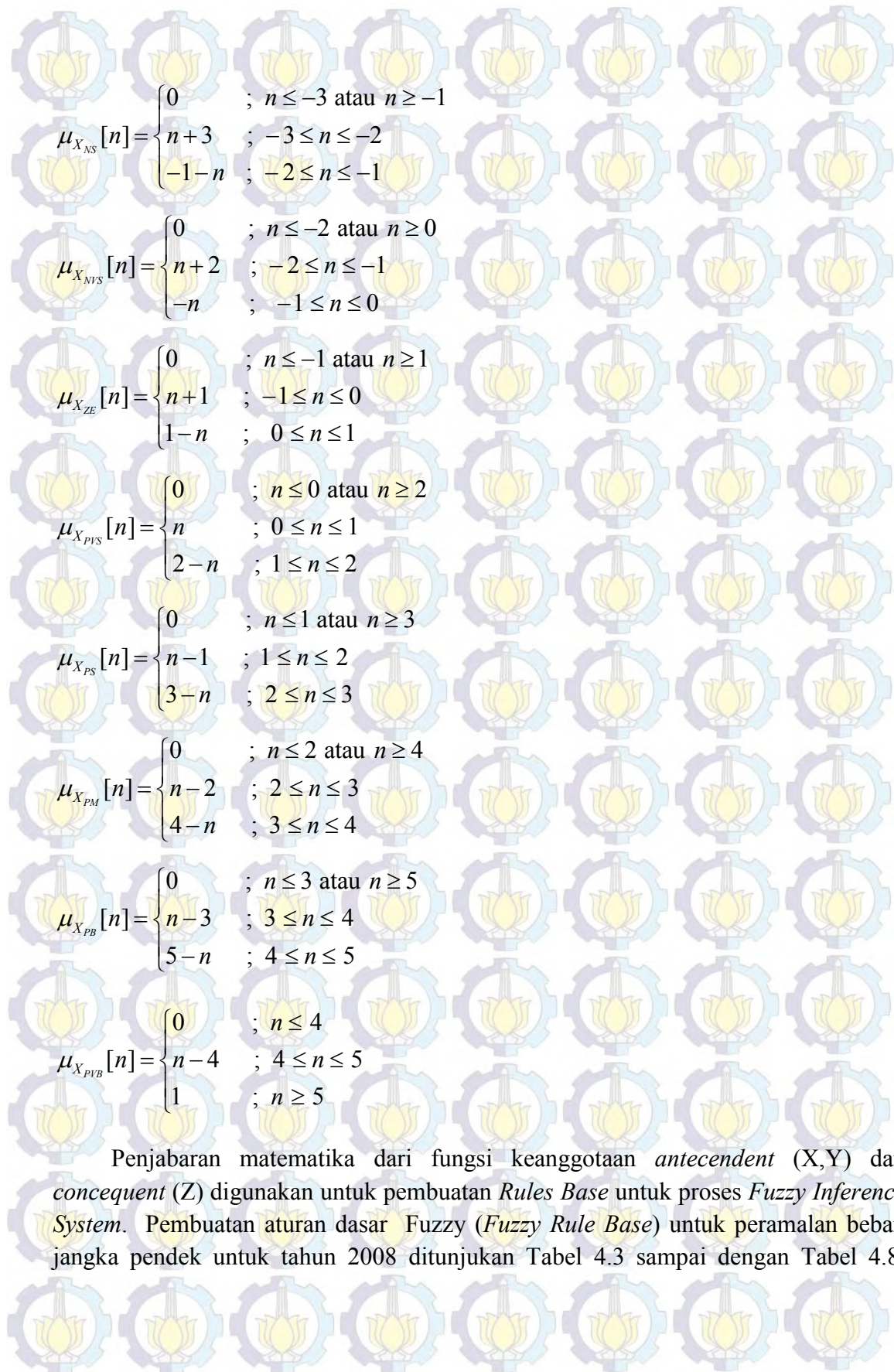
$$\mu_{X_{PVB}}[n] = \begin{cases} 0 & ; n \leq 4 \\ n-4 & ; 4 \leq n \leq 5 \\ 1 & ; n \geq 5 \end{cases}$$

Fungsi keanggotaan untuk output Fuzzy (Z) yang secara matematika dijabarkan sebagai berikut :

$$\mu_{X_{NVB}}[n] = \begin{cases} 0 & ; n \leq -6 \text{ atau } n \geq -4 \\ n+6 & ; -6 \leq n \leq -5 \\ -4-n & ; -5 \leq n \leq -4 \end{cases}$$

$$\mu_{X_{NB}}[n] = \begin{cases} 0 & ; n \leq -5 \text{ atau } n \geq -3 \\ n+5 & ; -5 \leq n \leq -4 \\ -3-n & ; -4 \leq n \leq -3 \end{cases}$$

$$\mu_{X_{NM}}[n] = \begin{cases} 0 & ; n \leq -4 \text{ atau } n \geq -2 \\ n+4 & ; -4 \leq n \leq -3 \\ -2-n & ; -3 \leq n \leq -2 \end{cases}$$



$$\mu_{X_{NS}}[n] = \begin{cases} 0 & ; n \leq -3 \text{ atau } n \geq -1 \\ n+3 & ; -3 \leq n \leq -2 \\ -1-n & ; -2 \leq n \leq -1 \end{cases}$$

$$\mu_{X_{NVS}}[n] = \begin{cases} 0 & ; n \leq -2 \text{ atau } n \geq 0 \\ n+2 & ; -2 \leq n \leq -1 \\ -n & ; -1 \leq n \leq 0 \end{cases}$$

$$\mu_{X_{ZE}}[n] = \begin{cases} 0 & ; n \leq -1 \text{ atau } n \geq 1 \\ n+1 & ; -1 \leq n \leq 0 \\ 1-n & ; 0 \leq n \leq 1 \end{cases}$$

$$\mu_{X_{PVS}}[n] = \begin{cases} 0 & ; n \leq 0 \text{ atau } n \geq 2 \\ n & ; 0 \leq n \leq 1 \\ 2-n & ; 1 \leq n \leq 2 \end{cases}$$

$$\mu_{X_{PS}}[n] = \begin{cases} 0 & ; n \leq 1 \text{ atau } n \geq 3 \\ n-1 & ; 1 \leq n \leq 2 \\ 3-n & ; 2 \leq n \leq 3 \end{cases}$$

$$\mu_{X_{PM}}[n] = \begin{cases} 0 & ; n \leq 2 \text{ atau } n \geq 4 \\ n-2 & ; 2 \leq n \leq 3 \\ 4-n & ; 3 \leq n \leq 4 \end{cases}$$

$$\mu_{X_{PB}}[n] = \begin{cases} 0 & ; n \leq 3 \text{ atau } n \geq 5 \\ n-3 & ; 3 \leq n \leq 4 \\ 5-n & ; 4 \leq n \leq 5 \end{cases}$$

$$\mu_{X_{PVB}}[n] = \begin{cases} 0 & ; n \leq 4 \\ n-4 & ; 4 \leq n \leq 5 \\ 1 & ; n \geq 5 \end{cases}$$

Penjabaran matematika dari fungsi keanggotaan *antecedent* (X,Y) dan *consequent* (Z) digunakan untuk pembuatan *Rules Base* untuk proses *Fuzzy Inference System*. Pembuatan aturan dasar Fuzzy (*Fuzzy Rule Base*) untuk peramalan beban jangka pendek untuk tahun 2008 ditunjukkan Tabel 4.3 sampai dengan Tabel 4.8.

Tabel 4.3 Pembuatan tabel input (X,Y) dan output (Z) berdasarkan VLD_{MAX} tahun 2007 dan 2008

Kelompok	Nama Hari Libur	Hari Tanggal	2007	2008	Input		Output
			VLD_{MAX}	VLD_{MAX}	X	Y	Z
Hari Libur Umum	1. Tahun Baru Masehi	Selasa / 01 Januari	7,219683	0,813083	7,21968	2,43169	0,81308
	2. Proklamasi Kemerdekaan RI	Minggu / 17 Agustus	4,040561	2,431694	4,04056	0,81308	2,43169
Hari Raya Islam	1. Idul Adha	Senin / 08 Desember	23,35282	1,903325	23,3528	-3,9078	1,90333
	2. Tahun Baru Hijriah	Kamis / 10 Januari	4,229846	4,338073	4,22985	1,90333	4,33807
	3. Maulid Nabi Muhammad SAW	Kamis / 20 Maret	-2,16545	0,314489	-2,1655	4,33807	0,31449
	4. Isra Mi'raj	Rabu / 30 Juli	1,698993	3,386436	1,69899	0,31449	3,38644
	5. Idul Fitri I	Rabu / 01 Oktober	-0,73213	-3,74178	-0,7321	3,38644	-3,7418
	6. Idul Fitri II	Kamis / 02 Oktober	0,053834	-3,90781	0,05383	-3,7418	-3,9078
Hari Raya Kristen	1. Wafatnya Yesus Kristus	Jumat / 21 Maret	-3,05164	1,117658	-3,0516	-4,484	1,11766
	2. Kenaikan Yesus Kristus	Kamis / 01 Mei	0,551964	-4,484	0,55196	1,11766	-4,484
	3. Natal	Kamis / 25 Desember	-5,62218	3,763239	-5,6222	-4,484	3,76324
Hari Raya Hindu, Budha, Tionghoa	1. Nyepi	Jumat / 07 Maret	-3,36886	4,586047	-3,3689	4,41603	4,58605
	2. Tahun Baru Imlek	Kamis / 07 Februari	8,175988	4,416029	8,17599	4,58605	4,41603
	3. Waisak	Selasa / 20 Mei	3,285829	-3,33157	3,28583	4,41603	-3,3316

Tabel. 4.4 Proses pembuatan aturan dasar untuk input X tahun 2008

Kelompok	Nama Hari Libur	Nilai X	Derajat Keanggotaan (μ)											Himpunan X
			NVB	NB	NM	NS	NVS	ZE	PVS	PS	PM	PB	PVB	
Hari Libur Umum	1. Tahun Baru Masehi	7,21968	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	PVB
	2. Proklamasi Kemerdekaan RI	4,04056	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,95944	0,04056	PB
Hari Raya Islam	1. Idul Adha	23,3528	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	PVB
	2. Tahun Baru Hijriah	4,22984	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,77015	0,22985	PB
	3. Maulid Nabi SAW	-2,16545	0	0	0,16545	0,83455	0	0	0	0	0	0	0	NS
	4. Isra Mi'raj	1,69899	0	0	0	0	0	0	0,30101	0,69899	0	0	0	PS
	5. Idul Fitri I	-0,73213	0	0	0	0	0,73213	0,26787	0	0	0	0	0	NVS
	6. Idul Fitri II	0,05383	0	0	0	0	0	0,94617	0,05383	0	0	0	0	ZE
Hari Raya Kristen	1. Wafatnya Yesus Kristus	-3,05163	0	0,05163	0,94836	0	0	0	0	0	0	0	0	NM
	2. Kenaikan Yesus Kristus	0,55196	0	0	0	0	0	0,44804	0,55196	0	0	0	0	PVS
	3. Natal	-5,62217	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	NVB
Hari Raya Hindu, Budha, Tionghoa	1. Nyepi	-3,36885	0	0,36885	0,63114	0	0	0	0	0	0	0	0	NM
	2. Tahun Baru Imlek	8,17598	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	PVB
	3. Waisak	3,28582	0	0	0	0	0	0	0	0	0,71417	0,28583	0	PM

Tabel. 4.5 Proses pembuatan aturan dasar untuk input Y tahun 2008

Kelompok	Nama Hari Libur	Nilai Y	Derajat Keanggotaan (μ)											Himpunan Y
			NVB	NB	NM	NS	NVS	ZE	PVS	PS	PM	PB	PVB	
Hari Libur Umum	1.Tahun Baru Masehi	2,43169	0	0	0	0	0	0	0	0,56831	0,43169	0	0	PS
	2.Proklamasi Kemerdekaan RI	0,81308	0	0	0	0	0	0,18692	0,81308	0	0	0	0	PVS
Hari Raya Islam	1.Idul Adha	-3,90780	0	0,907806	0,09219	0	0	0	0	0	0	0	0	NB
	2.Tahun Baru Hijriah	1,90332	0	0	0	0	0	0	0,09667	0,90333	0	0	0	PS
	3.Maulid Nabi SAW	4,33807	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,66193	0,33807	PB
	4.Isra Mi'raj	0,31448	0	0	0	0	0	0,68551	0,31449	0	0	0	0	ZE
	5.Idul Fitri I	3,38643	0	0	0	0	0	0	0	0	0,61356	0,38644	0	PM
	6.Idul Fitri II	-3,74177	0	0,741776	0,25822	0	0	0	0	0	0	0	0	NB
Hari Raya Kristen	1.Wafatnya Yesus Kristus	-4,48403	0,4840037	0,515996	0	0	0	0	0	0	0	0	0	NB
	2.Kenaikan Yesus Kristus	1,11765	0	0	0	0	0	0	0,88234	0,11766	0	0	0	PVS
	3.Natal	-4,48403	0,4840037	0,515996	0	0	0	0	0	0	0	0	0	NB
Hari Raya Hindu , Budha, Tionghoa	1.Nyepi	4,41602	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,58397	0,41603	PB
	2.Tahun Baru Imlek	4,58604	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,41395	0,58605	PVB
	3.Waisak	4,41602	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,58397	0,41603	PB

Tabel. 4.6 Proses pembuatan aturan dasar untuk output Z tahun 2008

Kelompok	Nama Hari Libur	Nilai Z	Derajat Keanggotaan (μ)											Himpunan
			NVB	NB	NM	NS	NVS	ZE	PVS	PS	PM	PB	PVB	Z
Hari Libur Umum	1.Tahun Baru Masehi	0,813082251	0	0	0	0	0	0,18962	0,81308	0	0	0	0	PVS
	2.Proklamasi Kemerdekaan RI	2,431693605	0	0	0	0	0	0	0	0,56831	0,43169	0	0	PS
Hari Raya Islam	1.Idul Adha	1,90332544	0	0	0	0	0	0	0,09667	0,90333	0	0	0	PS
	2.Tahun Baru Hijriah	4,338073055	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,66193	0,33807	PB
	3.Maulid Nabi SAW	0,314489363	0	0	0	0	0	0,68551	0,31449	0	0	0	0	ZE
	4.Isra Mi'raj	3,386436322	0	0	0	0	0	0	0	0	0,61356	0,38644	0	PM
	5.Idul Fitri I	-3,741775785	0	0,741776	0,25822	0	0	0	0	0	0	0	0	NB
	6.Idul Fitri II	-3,90780567	0	0,907806	0,09219	0	0	0	0	0	0	0	0	NB
Hari Raya Kristen	1.Wafatnya Yesus Kristus	1,117658183	0	0	0	0	0	0	0,88234	0,11766	0	0	0	PVS
	2.Kenaikan Yesus Kristus	-4,484003749	0,4840037	0,515996	0	0	0	0	0	0	0	0	0	NB
	3.Natal	3,763238988	0	0	0	0	0	0	0	0	0,23676	0,76324	0	PB
Hari Raya Hindu , Budha, Tionghoa	1.Nyepi	4,586046596	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,41395	0,58605	PVB
	2.Tahun Baru Imlek	4,416028537	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,58397	0,41603	PB
	3.Waisak	-3,331569378	0	0,331569	0,66843	0	0	0	0	0	0	0	0	NM

Tabel 4.7 Tabel Aturan Dasar (*fuzzy rules*) untuk peramalan tahun 2008

X/Y	NVB	NB	NM	NS	NVS	ZE	PVS	PS	PM	PB	PVB
NVB		PB									
NB											
NM		PVS								PVB	
NS										ZE	
NVS									NB		
ZE		NB									
PVS							NB				
PS						PM					
PM										NM	
PB							PS	PB			
PVB		PS						PVS			PB

Tabel 4.8 Tabel konversi aturan dasar peramalan tahun 2008 untuk kode software Matlab

No.	Antecedent		Consequent
Aturan	X	Y	Z
1	PVB	PS	PVS
2	PB	PVS	PS
3	PVB	NB	PS
4	PB	PS	PB
5	NS	PB	ZE
6	PS	ZE	PM
7	NVS	PM	NB
8	ZE	NB	NB
9	NM	NB	PVS
10	PVS	PVS	NB
11	NVB	NB	PB
12	NM	PB	PVB
13	PVB	PVB	PB
14	PM	PB	NM

No.	Antecedent		Consequent
Aturan	X	Y	Z
1	11	8	7
2	10	7	8
3	11	2	8
4	10	8	10
5	4	10	6
6	8	6	9
7	5	9	2
8	6	2	2
9	3	2	7
10	7	7	2
11	1	2	10
12	3	10	11
13	11	11	10
14	9	10	3

4.3 Implementasi Peramalan Beban Jangka Pendek untuk Hari-hari Libur Nasional Pada Sistem Kelistrikan KalSelTeng menggunakan Metode *Interval Type-2 Fuzzy Inference System – Big Bang-Big Crunch Algorithm*

Optimisasi peramalan beban jangka pendek menggunakan *Interval Type-2 Fuzzy Inference System-Big Bang-Big Crunch Algorithm* dieksekusi melalui sebuah program m.file di Matlab menggunakan fungsi-fungsi yang diberikan pada *Toolbox IT2FLT*, sehingga didapatkan nilai peramalan VLD_{max} . Hasil dari peramalan VLD_{max} di lanjutkan (*postprocessing*) menggunakan software *MS.Excell* untuk mendapatkan hasil peramalan beban puncak dan error peramalan. Hasil error peramalan beban jangka pendek menggunakan metode *IT2FIS-BBBC Algorithm* tahun 2008 sampai tahun 2013 dapat dilihat pada Tabel 4.9 dan Tabel 4.10. Perbandingan error peramalan tahun 2008 dengan metode sebelumnya dapat dilihat pada Tabel 4.11.

Tabel 4.9 Hasil peramalan beban jangka pendek pada hari libur nasional tahun 2008 menggunakan *IT2FIS-BBBC Algorithm*

Kelompok	Nama Hari Libur	<i>IT2FIS-BBBC Algorithm</i>		
		Ramalan	Aktual	Error (%)
		P' Max (MW)	MaxSD (MW)	
Hari Libur	1. Tahun Baru Masehi	240,4524	240	0,1864
	2. Proklamasi Kemerdekaan RI	238,0858	239	0,38051
Hari Raya Islam	1. Idul Adha	212,8586	212,65	0,09803
	2. Tahun Baru Hijriah	244,2581	247	1,05424
	3. Maulid Nabi Muhammad	248,1045	245,70	0,91246
	4. Isra Mi'raj	233,7479	239,40	2,34654
	5. Idul Fitri I	219,4659	219,65	0,27786
	6. Idul Fitri II	217,8393	218,05	0,09895
Hari Raya Kristen	1. Wafatnya Yesus Kristus	249,9061	250,20	0,11647
	2. Kenaikan Yesus Kristus	231,3708	230,20	0,50642
	3. Natal	241,0396	240,50	0,22601
Hari Raya Hindu, Budha, Tionghoa	1. Nyepi	223,1829	222,30	0,39796
	2. Tahun Baru Imlek	249,2995	250,30	0,39855
	3. Waisak	238,4041	237,60	0,33846
			Max	2,34654
			Min	0,09813
			MAPE	0,52421

Tabel 4.10 Hasil-hasil error peramalan beban jangka pendek untuk hari libur nasional dari tahun 2008 sampai 2013 menggunakan *IT2FIS – BBBC Algorithm* pada sistem kelistrikan Kalimantan Selatan dan Tengah.

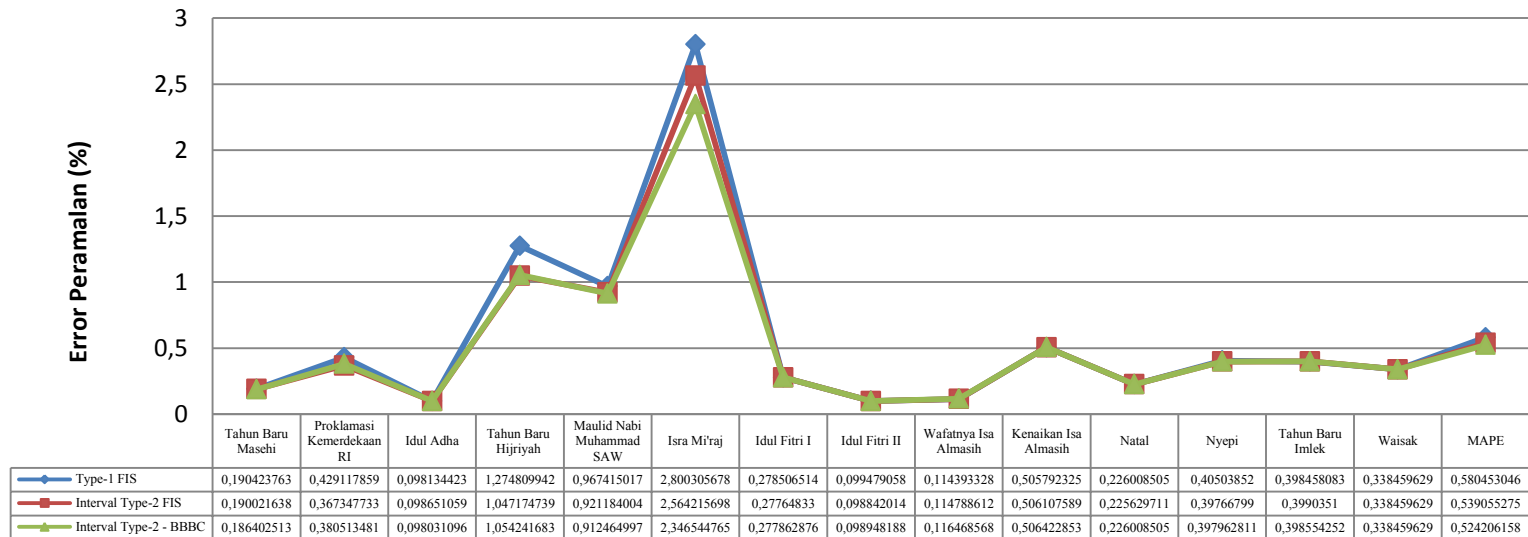
Kelompok	Nama Hari Libur	Error Peramalan per Tahun					
		2008	2009	2010	2011	2012	2013
Hari Libur	1. Tahun Baru Masehi	0,1864	0,85349	0,89127	1,70838	1,22186	0,23279
	2. Proklamasi Kemerdekaan RI	0,38051	0,63429	0,30589	3,35632	0,22411	0,10625
Hari Raya Islam	1. Idul Adha	0,09803	0,36707	0,37124	0,06981	0,1248	0,06228
	2. Tahun Baru Hijriah	1,05424	2,44887	0,05015	0,90006	0,09599	0,67939
	3. Maulid Nabi Muhammad	0,91246	1,084	0,12896	0,47086	0,2177	0,06048
	4. Isra Mi'raj	2,34654	3,64005	0,1872	0,08017	0,67429	0,03495
	5. Idul Fitri I	0,27786	0,25126	0,50849	2,03228	6,01366	0,52961
	6. Idul Fitri II	0,09895	0,26315	0,3316	2,92705	4,63404	0,09688
Hari Raya Kristen	1. Wafatnya Yesus Kristus	0,11647	0,0716	0,83335	0,03401	0,21162	0,0111
	2. Kenaikan Yesus Kristus	0,50642	0,20862	0,23098	3,82269	0,45942	1,14322
	3. Natal	0,22601	1,02421	1,60785	1,50648	1,11011	0,11683
Hari Raya Hindu, Budha, Tionghoa	1. Nyepi	0,39796	0,555	2,61917	0,17326	0,17336	0,30143
	2. Tahun Baru Imlek	0,39855	0,20982	4,48972	1,15122	0,19148	6,11319
	3. Waisak	0,33846	0,38593	0,44488	0,14172	1,59589	0,38137
	Max	2,34654	3,64005	4,48972	3,82269	6,01366	6,11319
	Min	0,09813	0,0716	0,05015	0,03401	0,09599	0,0111
	MAPE	0,52421	0,85695	0,92863	1,31245	1,21059	0,70498

Hasil perhitungan menggunakan metode *IT2FIS-BBBC*, nilai *MAPE* terbesar terjadi pada tahun 2011. Hal ini disebabkan pada tahun itu banyak dilakukan pemeliharaan sistem kelistrikan sehingga beban menjadi lebih variatif (*anamoulus load*). Sedangkan nilai *MAPE* yang paling rendah terjadi pada tahun 2008, hal ini disebabkan pada tahun tersebut variasi beban puncak terhadap hari libur dan empat hari sebelum hari libur perbedaannya tidak begitu besar.

Tabel 4.11 Perbandingan hasil peramalan beban jangka pendek dengan beberapa metode sebelumnya untuk peramalan beban tahun 2008

Kelompok	Nama Hari Libur	T1FIS			IT2FIS (Interval 50%)			IT2FIS-BigBang BigCrunch Algorithm		
		Ramalan	Aktual	Error (%)	Ramalan	Aktual	Error (%)	Ramalan	Aktual	Error (%)
		P'Max (MW)	MaxSD (MW)		P'Max (MW)	MaxSD (MW)		P'Max (MW)	MaxSD (MW)	
Hari Libur	1. Tahun Baru Masehi	240,4570	240,00	0,19042	240,45605	240,00	0,19002	240,4524	240	0,1864
	2. Proklamasi Kemerdekaan	237,9744	239,00	0,42912	238,12204	239,00	0,36735	238,0858	239	0,38051
Hari Raya Islam	1. Idul Adha	212,8586	212,65	0,09813	212,85978	212,65	0,09865	212,8586	212,65	0,09803
	2. Tahun Baru Hijriah	243,8512	247,00	1,27481	244,41348	247,00	1,04717	244,2581	247	1,05424
	3. Maulid Nabi Muhammad	248,0769	245,70	0,96742	247,96335	245,70	0,92118	248,1045	245,70	0,91246
	4. Isra Mi'raj	232,6960	239,40	2,80031	233,26127	239,40	2,56422	233,7479	239,40	2,34654
	5. Idul Fitri I	219,0382	219,65	0,27851	219,04015	219,65	0,27765	219,4659	219,65	0,27786
	6. Idul Fitri II	217,8330	218,05	0,09948	217,83447	218,05	0,09884	217,8393	218,05	0,09895
Hari Raya Kristen	1. Wafatnya Yesus Kristus	249,9137	250,20	0,11439	249,9128	250,20	0,11479	249,9061	250,20	0,11647
	2. Kenaikan Yesus Kristus	231,3643	230,20	0,50579	231,36506	230,20	0,50611	231,3708	230,20	0,50642
	3. Natal	241,0435	240,50	0,22601	241,04264	240,50	0,22563	241,0396	240,50	0,22601
Hari Raya Hindu, Budha, Tionghoa	1. Nyepi	223,2004	222,30	0,40504	223,18402	222,30	0,39767	223,1829	222,30	0,39796
	2. Tahun Baru Imlek	249,3026	250,30	0,39846	249,30122	250,30	0,39904	249,2995	250,30	0,39855
	3. Waisak	238,4041	237,60	0,33846	238,40418	237,60	0,33846	238,4041	237,60	0,33846
			Max	2,80031		Max	2,56422		Max	2,34654
			Min	0,09948		Min	0,09884		Min	0,09813
			MAPE	0,58045		MAPE	0,53906		MAPE	0,52421

**Perbandingan Error Peramalan Beban Jangka Pendek
untuk Hari Libur Nasional Tahun 2008
(Studi Kasus Sistem Kelistrikan KALSELTENG)**



Gambar 4.5 Grafik perbandingan error peramalan beban jangka pendek hari libur nasional tahun 2008

BAB 5

PENUTUP

Berdasarkan analisis dan hasil pembahasan optimisasi peramalan beban jangka pendek untuk hari libur nasional menggunakan *Interval type-2 Fuzzy Inference System-Big Bang-Big Crunch Algorithm (IT2FIS-BBBC)*, maka kesimpulan dan saran dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

5.1 Kesimpulan

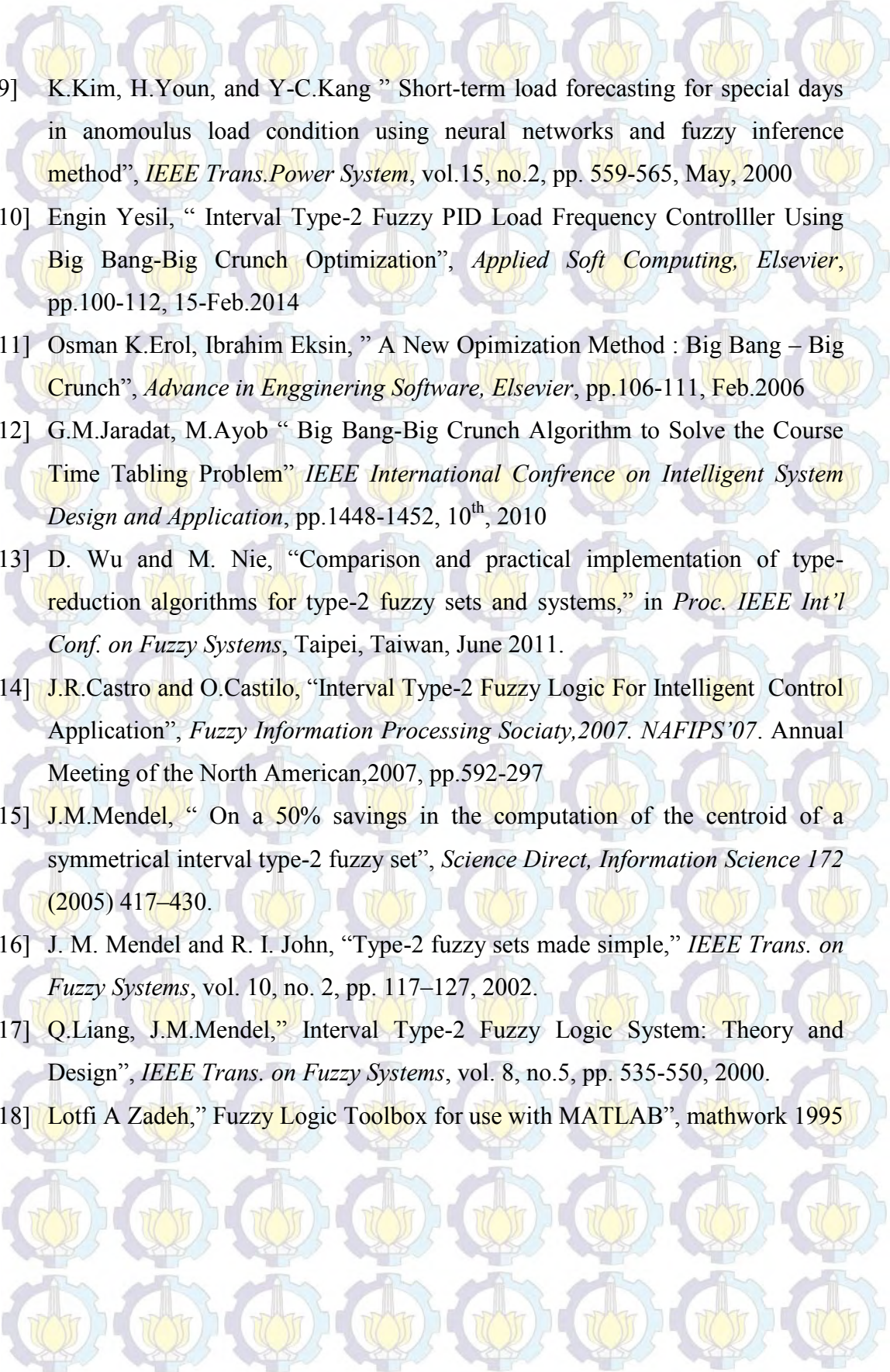
1. Optimisasi *footprint of uncertainty (FOU)* dari *Interval Type-2 Fuzzy Inference System* menggunakan *Big Bang-Big Crunch Algorithm* untuk peramalan beban jangka pendek pada hari libur nasional studi kasus sistem kelistrikan KalSelTeng, menunjukan nilai *main absolute percentage error (MAPE)* untuk metode *IT2FIS-BBBC* lebih kecil dibandingkan dengan metode sebelumnya menggunakan *IT2FIS*. Nilai *MAPE* terkecil menggunakan metode *IT2FIS-BBBC* terjadi pada tahun 2008 yaitu sebesar 0,524%
2. Hasil perhitungan peramalan beban jangka pendek pada hari libur nasional studi kasus sistem kelistrikan KalSelTeng menggunakan metode tersebut, nilai *MAPE* terbesar pada tahun 2011 yaitu sebesar 1,312%, hal ini disebabkan pada tahun itu banyak dilakukan pemeliharaan sistem kelistrikan sehingga beban menjadi lebih variatif (*anomalous load*). Nilai *MAPE* tersebut masih dibawah batas nilai toleransi yang diijinkan.

5.2 Saran

Optimisasi *footprint of uncertainty (FOU)* dari *Interval Type-2 Fuzzy Inference System* menggunakan *Big Bang – Big Crunch Algorithm* untuk peramalan beban jangka pendek pada hari libur nasional atau hari khusus dapat diterapkan pada studi kasus yang berbeda karena setiap daerah memiliki perilaku (*behavior*) beban yang berbeda. Metode optimisasi *footprint of uncertainty (FOU)* dari *Interval Type-2 Fuzzy Inference System* menggunakan *Big Bang – Big Crunch Algorithm* tersebut juga dapat dikembangkan dengan plan atau kasus selain peramalan beban seperti *Maximum Power Point Tracking (MPPT) Control*, *Power System Stability (PSS) Control* dan lain-lain.

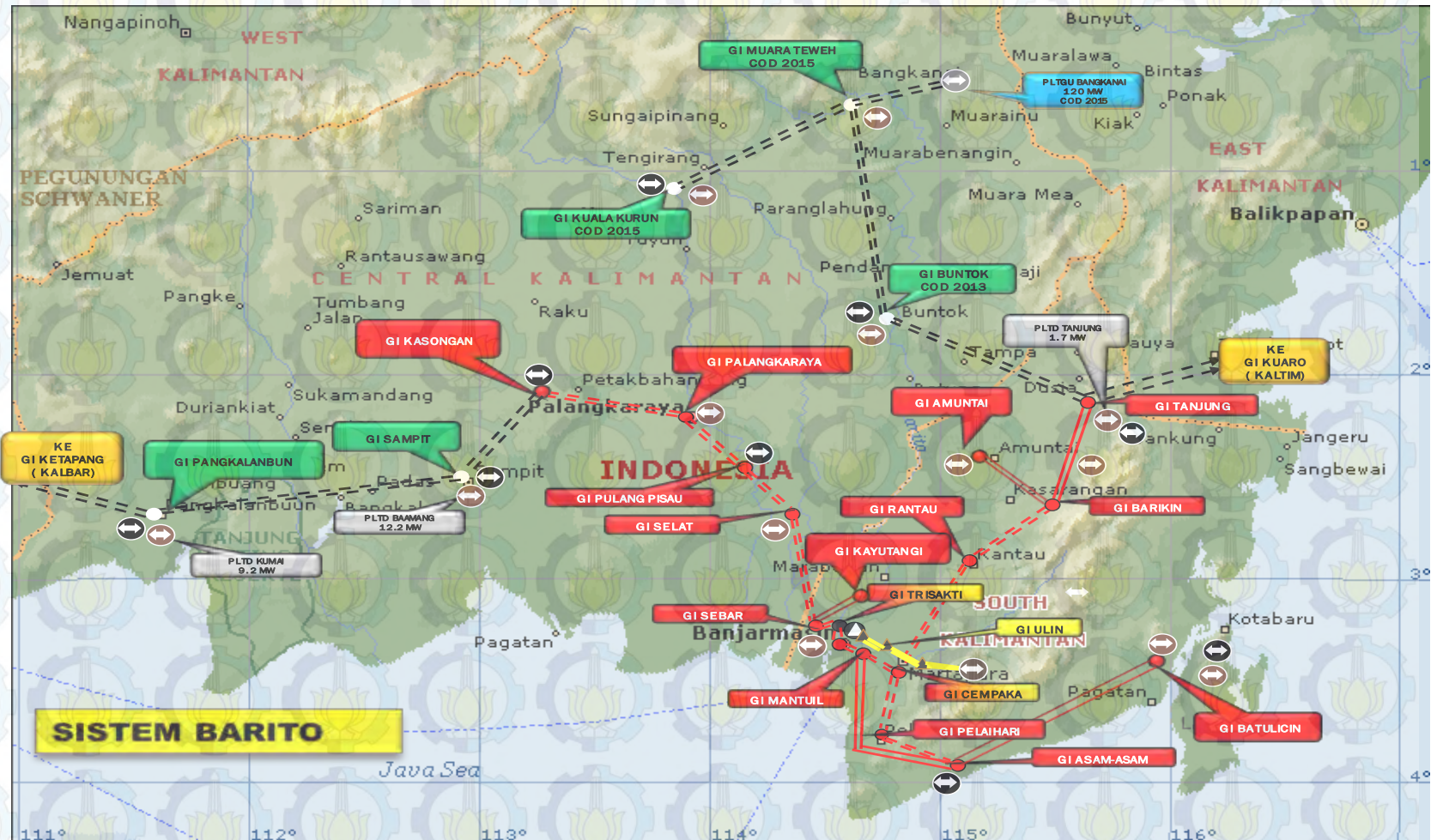
DAFTAR PUSTAKA

- [1] Agus Dharma, Imam Robandi, M.H.Purnomo, "Application of Short Term Load Forecasting On Special Days Using Interval Type-2 Fuzzy Inference System; Study Case in Bali Indonesia", *Journal of Theoretical and Applied Information and Technology*, Vol.49 no.2, March, 2013
- [2] Agus Dharma, "Peramalan Beban Jangka Pendek Untuk Hari-Hari Khusus Menggunakan Interval Type-2 Fuzzy Inference System (Studi Kasus di Pulau Bali)", Disertasi Jur.Teknik Elektro ITS, Surabaya, Oktober 2013
- [3] Andi Imran, "Prediksi Beban Puncak Hari Libur Nasional Berbasis Radial Basis Function Neural Network", Tesis Teknik Elektro UNHAS, Makasar, Agustus 2012
- [4] Agus Dharma, "Peramalan Beban Jangka Pendek Untuk Hari-Hari Libur Menggunakan Metode Fuzzy Linear Regression (Studi Kasus di Pulau Bali)" Tesis Jur.Teknik Elektro ITS, Surabaya, Juli 2006
- [5] Kurniawan Fitrianto, "Prakiraan Kebutuhan Energi Listrik Tahun 2006-2015 Pada PT.PLN (Persero) Unit Pelayanan Jaringan (UPJ) di Wilayah Kota Semarang Dengan Metode Gabungan", Teknik Elektro UNDIP. 2006
- [6] A.Khosravi, S.Nahavandi and D.Crieghton, " Sort – Term Load Forecasting Using Interval Type-2 Fuzzy Logic System " *IEEE International Conference on Fuzzy System*, pp.502-508, June, 2011
- [7] K.-Bin Song, Y.-Sik Baek, D. Hun Hong, and G. Jang, " Sort - Term Load Forecasting for the holidays using fuzzy liniear regression method." *IEEE Trans.Power Syst*, Vol.20, no.1, pp.96-101, Feb.2005
- [8] K.-H.Kim, J.-K.Park, K.-J.Hwang, and S.-H.Kim, " Implementation of Hybrid Sort-Term Load Forecasting System Using Artificial Neural Network and fuzzy expert system", *IEEE Trans.Power System*, vol.10, no.3, pp. 1534-1539, Agustus, 1995

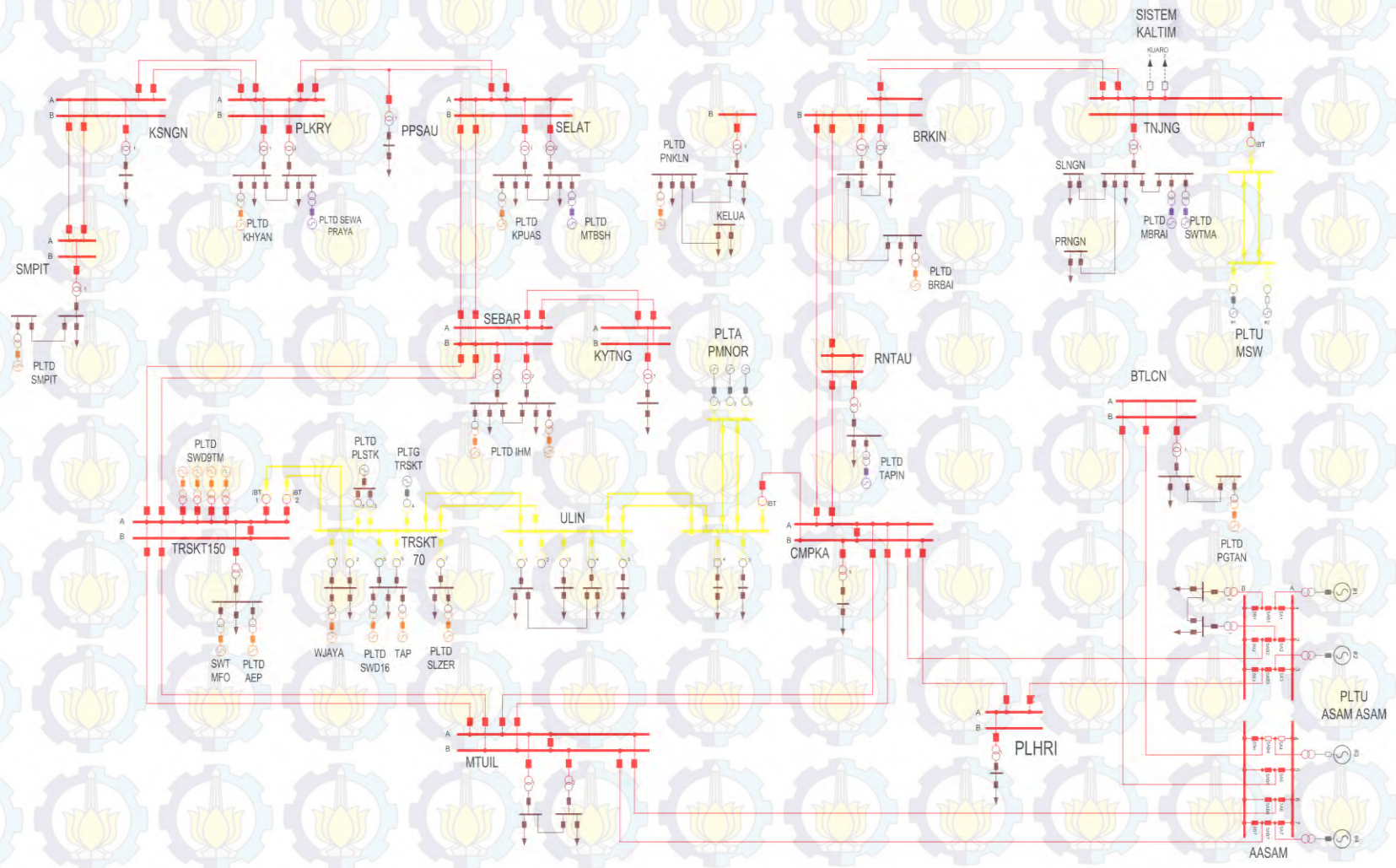
- 
- [9] K.Kim, H.Youn, and Y-C.Kang " Short-term load forecasting for special days in anomolus load condition using neural networks and fuzzy inference method", *IEEE Trans.Power System*, vol.15, no.2, pp. 559-565, May, 2000
- [10] Engin Yesil, " Interval Type-2 Fuzzy PID Load Frequency Controlller Using Big Bang-Big Crunch Optimization", *Applied Soft Computing, Elsevier*, pp.100-112, 15-Feb.2014
- [11] Osman K.Erol, Ibrahim Eksin, " A New Opimization Method : Big Bang – Big Crunch", *Advance in Engginering Software, Elsevier*, pp.106-111, Feb.2006
- [12] G.M.Jaradat, M.Ayob " Big Bang-Big Crunch Algorithm to Solve the Course Time Tabling Problem" *IEEE International Confrence on Intelligent System Design and Application*, pp.1448-1452, 10th, 2010
- [13] D. Wu and M. Nie, "Comparison and practical implementation of type-reduction algorithms for type-2 fuzzy sets and systems," in *Proc. IEEE Int'l Conf. on Fuzzy Systems*, Taipei, Taiwan, June 2011.
- [14] J.R.Castro and O.Castilo, "Interval Type-2 Fuzzy Logic For Intelligent Control Application", *Fuzzy Information Processing Sociaty,2007. NAFIPS'07. Annual Meeting of the North American,2007*, pp.592-297
- [15] J.M.Mendel, " On a 50% savings in the computation of the centroid of a symmetrical interval type-2 fuzzy set", *Science Direct, Information Science* 172 (2005) 417–430.
- [16] J. M. Mendel and R. I. John, "Type-2 fuzzy sets made simple," *IEEE Trans. on Fuzzy Systems*, vol. 10, no. 2, pp. 117–127, 2002.
- [17] Q.Liang, J.M.Mendel," Interval Type-2 Fuzzy Logic System: Theory and Design", *IEEE Trans. on Fuzzy Systems*, vol. 8, no.5, pp. 535-550, 2000.
- [18] Lotfi A Zadeh," Fuzzy Logic Toolbox for use with MATLAB", mathwork 1995

LAMPIRAN A

Lampiran A.1 Peta Lokasi Sistem Kelistrikan Kalimantan Selatan dan Tengah tahun 2014



62



LAMPIRAN B

Lampiran B.1.1 Tabel rekapitulasi hasil peramalan IT2FIS untuk tahun 2008

Kelompok	Nama Hari Libur	Tahun 2008								
		MaxWD	LD _{MAX}	TLD _{MAX}	VLD _{MAX}	Forecast VLD _{MA}	Forecast LD _{MAX}	Peramalan (MW)	Aktual (MW)	Error (%)
Hari Libur Umum	1. Tahun Baru Masehi	241,275	-0,5284	-1,34153	0,81308	1,0021	-0,3394	240,45605	240,00	0,19002
	2. Proklamasi Kemerdekaan RI	236,5875	1,0197	-1,41198	2,43169	2,0606	0,64861	238,12204	239,00	0,36735
Hari Libur Islam	1. Idul Adha	219,725	-3,2199	-5,12325	1,90332	1,9988	-3,1245	212,85978	212,65	0,09865
	2. Tahun Baru Hijriyah	245,85	0,46776	-3,8703	4,33807	3,286	-0,5843	244,41348	247,00	1,04717
	3. Maulid Nabi Muhammad SAW	229,6625	-1,36491	-1,6794	0,31448	1,2231	-0,4563	247,96335	245,70	0,92118
	4. Isra Mi'raj	235,625	4,2399	0,85348	3,38643	0,7135	1,56698	233,26127	239,40	2,56422
	5. Idul Fitri I	231,5125	-6,7798	-3,03806	-3,74177	-4,0006	-7,0387	219,04015	219,65	0,27765
	6. Idul Fitri II	231,5125	-5,81502	-1,90721	-3,9078	-4,0009	-5,9081	217,83447	218,05	0,09884
Hari Raya Kristen	1. Wafat Isa Almasih	247,25	1,19312	0,07546	1,11765	1,0015	1,07697	249,9128	250,20	0,11479
	2. Kenaikan Isa Almasih	241,9125	-4,84162	-0,35762	-4,484003	-4,0024	-4,36	231,36506	230,20	0,50611
	3. Natal	227,75	5,59824	1,835004	3,76323	4,0015	5,8365	241,04264	240,50	0,22563
Hari Raya Hindu/Budha/Tionghoa	1. Nyepi	218,4625	1,75659	-2,82945	4,58604	4,9907	2,16125	223,18402	222,30	0,39767
	2. Tahun Baru Imlek	240,7125	3,98296	-0,43306	4,416028	4,0011	3,56804	249,30122	250,30	0,39904
	3. Waisak	242,5375	-2,03576	1,295801	-3,33156	-3	-1,7042	238,40418	237,60	0,33846
MAPE										0,53906

Lampiran B.1.2 Tabel rekapitulasi hasil peramalan IT2FIS-BBBC untuk tahun 2008

Kelompok	Nama Hari Libur	Tahun 2008								
		MaxWD	LD _{MAX}	TLD _{MAX}	VLD _{MAX}	Forecast VLD _{MA}	Forecast LD _{MAX}	Peramalan (MW)	Aktual (MW)	Error (%)
Hari Libur Umum	1. Tahun Baru Masehi	241,275	-0,5284	-1,3415	0,81308	0,9985	-0,343	240,44737	240,00	0,1864
	2. Proklamasi Kemerdekaan RI	236,588	1,01971	-1,412	2,43169	2,0473	0,63531	238,09057	239,00	0,38051
Hari Libur Islam	1. Idul Adha	219,725	-3,2199	-5,1233	1,90333	1,9982	-3,1251	212,85846	212,65	0,09803
	2. Tahun Baru Hijriyah	245,85	0,46776	-3,8703	4,33807	3,2789	-0,5914	244,39602	247,00	1,05424
	3. Maulid Nabi Muhammad SAW	249,1	-1,3649	-1,6794	0,31449	1,2145	-0,4649	247,94193	245,70	0,91246
	4. Isra Mi'raj	229,663	4,23992	0,85348	3,38644	0,9404	1,79388	233,78237	239,40	2,34654
	5. Idul Fitri I	235,625	-6,7798	-3,0381	-3,7418	-4,0008	-7,0389	219,03967	219,65	0,27786
	6. Idul Fitri II	231,513	-5,815	-1,9072	-3,9078	-4,001	-5,9082	217,83424	218,05	0,09895
Hari Raya Kristen	1. Wafat Isa Almasih	247,25	1,19312	0,07547	1,11766	0,9998	1,07527	249,9086	250,20	0,11647
	2. Kenaikan Isa Almasih	241,913	-4,8416	-0,3576	-4,484	-4,0021	-4,3597	231,36579	230,20	0,50642
	3. Natal	227,75	5,59824	1,835	3,76324	4,0019	5,8369	241,04355	240,50	0,22601
Hari Raya Hindu/Budha/Tionghoa	1. Nyepi	218,463	1,75659	-2,8295	4,58605	4,991	2,16155	223,18467	222,30	0,39796
	2. Tahun Baru Imlek	240,713	3,98297	-0,4331	4,41603	4,0016	3,56854	249,30242	250,30	0,39855
	3. Waisak	242,538	-2,0358	1,2958	-3,3316	-3	-1,7042	238,40418	237,60	0,33846
MAPE										0,52421

Lampiran B.2.1 Tabel rekapitulasi hasil peramalan IT2FIS untuk tahun 2009

Kelompok	Nama Hari Libur	Tahun 2009								
		MaxWD	LD _{MAX}	TLD _{MAX}	VLD _{MAX}	Forecast VLD _{MA}	Forecast LD _{MAX}	Peramalan (MW)	Aktual (MW)	Error (%)
Hari Libur Umum	1. Tahun Baru Masehi	231,518	4,07421	-1,1383	5,21246	4,3201	3,18185	238,88403	240,95	0,85743
	2. Proklamasi Kemerdekaan RI	237,575	4,8511	-0,8041	5,65516	4,9897	4,18564	247,51903	249,10	0,63467
Hari Libur Islam	1. Idul Adha	241,475	0,71436	-4,6474	5,36179	4,9919	0,34447	242,30681	243,20	0,36726
	2. Tahun Baru Hijriyah	235,275	4,77101	-2,7858	7,5568	4,9909	2,20511	240,46307	246,50	2,44906
	3. Maulid Nabi Muhammad SAW	242,163	0,18066	-1,6008	1,78144	2,9622	1,36142	245,45935	242,60	1,17863
	4. Isra Mi'raj	245,95	-6,5257	1,70009	-8,2258	-4,7719	-3,0718	238,39488	229,90	3,69503
	5. Idul Fitri I	244,95	-5,7359	-3,9735	-1,7624	-1,9991	-5,9726	230,32009	230,90	0,25115
	6. Idul Fitri II	240,575	-2,6499	-2,9061	0,25617	0	-2,9061	233,58371	234,20	0,26315
Hari Raya Kristen	1. Wafat Isa Almasih	244,425	0,15342	0,08171	0,07171	0	0,08171	244,62472	244,80	0,0716
	2. Kenaikan Isa Almasih	245,65	1,44515	-1,3432	2,78837	3	1,65678	249,71988	249,20	0,20862
	3. Natal	244,603	2,41105	1,84855	0,56251	-0,4745	1,37405	247,96346	250,50	1,01259
Hari Raya Hindu/Budha/Tionghoa	1. Nyepi	242,5	-3,0103	-1,2563	-1,754	-1,2203	-2,4766	236,49421	235,20	0,55026
	2. Tahun Baru Imlek	235,7	2,88502	0,67095	2,21408	1,9988	2,66975	241,99259	242,50	0,20924
	3. Waisak	245,913	1,07254	0,46291	0,60963	1,0017	1,46461	249,51416	248,55	0,38791
									MAPE	0,8669

Lampiran B.2.2 Tabel rekapitulasi hasil peramalan IT2FIS-BBBC untuk tahun 2009

Kelompok	Nama Hari Libur	Tahun 2009								
		MaxWD	LD _{MAX}	TLD _{MAX}	VLD _{MAX}	Forecast VLD _{MA}	Forecast LD _{MAX}	Peramalan (MW)	Aktual (MW)	Error (%)
Hari Libur Umum	1. Tahun Baru Masehi	231,518	4,07421	-1,1383	5,21246	4,3242	3,18595	238,89352	240,95	0,85349
	2. Proklamasi Kemerdekaan RI	237,575	4,8511	-0,8041	5,65516	4,9901	4,18604	247,51998	249,10	0,63429
Hari Libur Islam	1. Idul Adha	241,475	0,71436	-4,6474	5,36179	4,9921	0,34467	242,3073	243,20	0,36707
	2. Tahun Baru Hijriyah	235,275	4,77101	-2,7858	7,5568	4,9911	2,20531	240,46354	246,50	2,44887
	3. Maulid Nabi Muhammad SAW	242,163	0,18066	-1,6008	1,78144	2,8674	1,26662	245,22978	242,60	1,084
	4. Isra Mi'raj	245,95	-6,5257	1,70009	-8,2258	-4,8233	-3,1232	238,26847	229,90	3,64005
	5. Idul Fitri I	244,95	-5,7359	-3,9735	-1,7624	-1,9992	-5,9727	230,31985	230,90	0,25126
	6. Idul Fitri II	240,575	-2,6499	-2,9061	0,25617	0	-2,9061	233,58371	234,20	0,26315
Hari Raya Kristen	1. Wafat Isa Almasih	244,425	0,15342	0,08171	0,07171	0	0,08171	244,62472	244,80	0,0716
	2. Kenaikan Isa Almasih	245,65	1,44515	-1,3432	2,78837	3	1,65678	249,71988	249,20	0,20862
	3. Natal	244,603	2,41105	1,84855	0,56251	-0,4864	1,36215	247,93435	250,50	1,02421
Hari Raya Hindu/Budha/Tionghoa	1. Nyepi	242,5	-3,0103	-1,2563	-1,754	-1,2157	-2,472	236,50536	235,20	0,555
	2. Tahun Baru Imlek	235,7	2,88502	0,67095	2,21408	1,9982	2,66915	241,99118	242,50	0,20982
	3. Waisak	245,913	1,07254	0,46291	0,60963	0,9997	1,46261	249,50924	248,55	0,38593
									MAPE	0,85695

Lampiran B.3.1 Tabel rekapitulasi hasil peramalan IT2FIS untuk tahun 2010

Kelompok	Nama Hari Libur	Tahun 2010								
		MaxWD	LD _{MAX}	TLD _{MAX}	VLD _{MAX}	Forecast VLD _{MA}	Forecast LD _{MAX}	Peramalan (MW)	Aktual (MW)	Error (%)
Hari Libur Umum	1. Tahun Baru Masehi	246,588	-0,4005	-0,0958	-0,3047	0,7216	0,62584	248,13074	245,60	1,03043
	2. Proklamasi Kemerdekaan RI	270,638	-2,9698	0,32697	-3,2968	-3	-2,673	263,40328	262,60	0,30589
Hari Libur Islam	1. Idul Adha	274,675	-1,2105	-3,5751	2,36455	1,9985	-1,5766	270,34455	271,35	0,37053
	2. Tahun Baru Hijriyh	268,963	3,76911	-1,2744	5,04354	4,9912	3,71677	278,95922	279,10	0,05044
	3. Mawid Nabi Muhammad SAW	252,375	2,62506	-1,2445	3,86955	4,0014	2,75691	259,33275	259,00	0,12847
	4. Isra Mi'raj	208,775	-1,7603	0,05493	-1,8152	-1,999	-1,9441	204,71627	205,10	0,1871
	5. Idul Fitri I	260,275	-2,1804	-4,326	2,14559	2,6694	-1,6566	255,96334	254,60	0,53548
	6. Idul Fitri II	257,825	-7,1463	-2,8373	-4,309	-4,0009	-6,8382	240,19438	239,40	0,33182
Hari Raya Kristen	1. Wafat Isa Almasih	244,95	-1,286	0,31459	-1,6006	-2,414	-2,0994	239,80749	241,80	0,82403
	2. Kenaikan Isa Almasih	259,475	-2,6689	-0,8939	-1,775	-1,9997	-2,8936	251,96691	252,55	0,23088
	3. Natal	272,488	-2,1863	2,70286	-4,8892	-3,3784	-0,6755	270,64674	266,53	1,54457
Hari Raya Hindu/ Budha/ Tionghoa	1. Nyepi	253,75	5,81281	-1,9484	7,76122	4,9898	3,04139	261,46752	268,50	2,61917
	2. Tahun Baru Imlek	242,05	0,59905	1,11376	-0,5147	4,0015	5,11526	254,43149	243,50	4,48932
	3. Waisak	260,375	-0,8353	0,58483	-1,4202	-1,0014	-0,4166	259,29037	258,20	0,4223
									MAPE	0,9336

Lampiran B.3.2 Tabel rekapitulasi hasil peramalan IT2FIS-BBBC untuk tahun 2010

Kelompok	Nama Hari Libur	Tahun 2010								
		MaxWD	LD _{MAX}	TLD _{MAX}	VLD _{MAX}	Forecast VLD _{MA}	Forecast LD _{MAX}	Peramalan (MW)	Aktual (MW)	Error (%)
Hari Libur Umum	1. Tahun Baru Masehi	246,588	-0,4005	-0,0958	-0,3047	0,583	0,48724	247,78897	245,60	0,89127
	2. Proklamasi Kemerdekaan RI	270,638	-2,9698	0,32697	-3,2968	-3	-2,673	263,40328	262,60	0,30589
Hari Libur Islam	1. Idul Adha	274,675	-1,2105	-3,5751	2,36455	1,9978	-1,5773	270,34263	271,35	0,37124
	2. Tahun Baru Hijriyah	268,963	3,76911	-1,2744	5,04354	4,9915	3,71707	278,96003	279,10	0,05015
	3. Maulid Nabi Muhammad SAW	252,375	2,62506	-1,2445	3,86955	4,0019	2,75741	259,33401	259,00	0,12896
	4. Isra Mi'raj	208,775	-1,7603	0,05493	-1,8152	-1,9991	-1,9442	204,71606	205,10	0,1872
	5. Idul Fitri I	260,275	-2,1804	-4,326	2,14559	2,643	-1,683	255,89462	254,60	0,50849
	6. Idul Fitri II	257,825	-7,1463	-2,8373	-4,309	-4,0011	-6,8384	240,19386	239,40	0,3316
Hari Raya Kristen	1. Wafat Isa Almasih	244,95	-1,286	0,31459	-1,6006	-2,4232	-2,1086	239,78496	241,80	0,83335
	2. Kenaikan Isa Almasih	259,475	-2,6689	-0,8939	-1,775	-1,9998	-2,8937	251,96665	252,55	0,23098
	3. Natal	272,488	-2,1863	2,70286	-4,8892	-3,3165	-0,6136	270,81541	266,53	1,60785
Hari Raya Hindu/ Budha/ Tionghoa	1. Nyepi	253,75	5,81281	-1,9484	7,76122	4,9898	3,04139	261,46752	268,50	2,61917
	2. Tahun Baru Imlek	242,05	0,59905	1,11376	-0,5147	4,0019	5,11566	254,43246	243,50	4,48972
	3. Waisak	260,375	-0,8353	0,58483	-1,4202	-0,979	-0,3942	259,34869	258,20	0,44488
									MAPE	0,92863

Lampiran B.4.1 Tabel rekapitulasi hasil peramalan IT2FIS untuk tahun 2011

Kelompok	Nama Hari Libur	Tahun 2011								
		MaxWD	LD _{MAX}	TLD _{MAX}	VLD _{MAX}	Forecast VLD _{MA}	Forecast LD _{MAX}	Peramalan (MW)	Aktual (MW)	Error (%)
Hari Libur Umum	1. Tahun Baru Masehi	286,538	-6,7312	-0,1465	-6,5847	-4,9912	-5,1377	271,81593	267,25	1,70849
	2. Proklamasi Kemerdekaan RI	323,3	-5,1964	-0,2225	-4,9739	-1,7984	-2,0209	316,76643	306,50	3,34957
Hari Libur Islam	1. Idul Adha	309,95	-2,1132	-3,181	1,06773	1,001	-2,18	303,19315	303,40	0,06818
	2. Tahun Baru Hijriyah	313,525	0,47046	-0,4338	0,9043	0	-0,4338	312,16481	315,00	0,90006
	3. Maulid Nabi Muhammad SAW	278,063	-1,0654	-0,5996	-0,4658	0	-0,5996	276,39533	275,10	0,47086
	4. Isra Mi'raj	296,9	-2,324	-0,2476	-2,0764	-1,9981	-2,2457	290,2325	290,00	0,08017
	5. Idul Fitri I	300,025	-10,774	-3,9684	-6,8057	-4,9923	-8,9607	273,14072	267,70	2,03239
	6. Idul Fitri II	289,475	2,42681	-3,5555	5,98229	2,9991	-0,5564	287,86442	296,50	2,91251
Hari Raya Kristen	1. Wafat Isa Almasih	275,45	4,08423	0,04783	4,0364	4,0003	4,04813	286,60057	286,70	0,03468
	2. Kenaikan Isa Almasih	297,825	-7,8989	-1,1897	-6,7092	-3,1635	-4,3532	284,86008	274,30	3,84983
	3. Natal	310,525	0,60382	1,888	-1,2842	0,2641	2,1521	317,20779	312,40	1,53899
Hari Raya Hindu/ Budha/ Tionghoa	1. Nyepi	264,45	4,51881	-0,6549	5,17369	4,9923	4,33742	275,92031	276,40	0,17355
	2. Tahun Baru Imlek	268,038	6,25379	1,02798	5,22581	4,0014	5,02938	281,51811	284,80	1,15235
	3. Waisak	295,9	4,32579	0,34814	3,97765	3,7437	4,09184	308,00775	308,70	0,22425
									MAPE	1,32113

Lampiran B.4.2 Tabel rekapitulasi hasil peramalan IT2FIS-BBBC untuk tahun 2011

Kelompok	Nama Hari Libur	Tahun 2011								
		MaxWD	LD _{MAX}	TLD _{MAX}	VLD _{MAX}	Forecast VLD _{MA}	Forecast LD _{MAX}	Peramalan (MW)	Aktual (MW)	Error (%)
Hari Libur Umum	1. Tahun Baru Masehi	286,538	-6,7312	-0,1465	-6,5847	-4,9913	-5,1378	271,81564	267,25	1,70838
	2. Proklamasi Kemerdekaan RI	323,3	-5,1964	-0,2225	-4,9739	-1,792	-2,0145	316,78713	306,50	3,35632
Hari Libur Islam	1. Idul Adha	309,95	-2,1132	-3,181	1,06773	0,9994	-2,1816	303,1882	303,40	0,06981
	2. Tahun Baru Hijriyah	313,525	0,47046	-0,4338	0,9043	0	-0,4338	312,16481	315,00	0,90006
	3. Maulid Nabi Muhammad SAW	278,063	-1,0654	-0,5996	-0,4658	0	-0,5996	276,39533	275,10	0,47086
	4. Isra Mi'raj	296,9	-2,324	-0,2476	-2,0764	-1,9981	-2,2457	290,2325	290,00	0,08017
	5. Idul Fitri I	300,025	-10,774	-3,9684	-6,8057	-4,9924	-8,9608	273,14042	267,70	2,03228
	6. Idul Fitri II	289,475	2,42681	-3,5555	5,98229	2,9842	-0,5713	287,82128	296,50	2,92705
Hari Raya Kristen	1. Wafat Isa Almasih	275,45	4,08423	0,04783	4,0364	4,001	4,04883	286,6025	286,70	0,03401
	2. Kenaikan Isa Almasih	297,825	-7,8989	-1,1897	-6,7092	-3,1885	-4,3782	284,78563	274,30	3,82269
	3. Natal	310,525	0,60382	1,888	-1,2842	0,2314	2,1194	317,10625	312,40	1,50648
Hari Raya Hindu/ Budha/ Tionghoa	1. Nyepi	264,45	4,51881	-0,6549	5,17369	4,9926	4,33772	275,92111	276,40	0,17326
	2. Tahun Baru Imlek	268,038	6,25379	1,02798	5,22581	4,0026	5,03058	281,52133	284,80	1,15122
	3. Waisak	295,9	4,32579	0,34814	3,97765	3,8298	4,17794	308,26252	308,70	0,14172
									MAPE	1,31245

Lampiran B.5.1 Tabel rekapitulasi hasil peramalan IT2FIS untuk tahun 2012

Kelompok	Nama Hari Libur	Tahun 2012								
		MaxWD	LD _{MAX}	TLD _{MAX}	VLD _{MAX}	Forecast VLD _{MAX}	Forecast LD _{MAX}	Peramalan (MW)	Aktual (MW)	Error (%)
Hari Libur Umum	1. Tahun Baru Masehi	301,55	5,18985	-1,0872	6,27707	4,9916	3,90438	313,32367	317,20	1,22205
	2. Proklamasi Kemerdekaan RI	349,18	-3,7173	-0,9331	-2,7842	-3	-3,9331	335,44655	336,20	0,22411
Hari Libur Islam	1. Idul Adha	352,81	-0,1531	-3,0284	2,87539	3	-0,0284	352,70964	352,27	0,1248
	2. Tahun Baru Hijriyah	372,963	-4,1727	-0,3047	-3,868	-3,96	-4,2647	357,05694	357,40	0,09599
	3. Maulid Nabi Muhammad SAW	325,305	1,11126	-0,6661	1,77738	1,9981	1,33198	329,63801	328,92	0,21829
	4. Isra Mi'raj	367,783	-3,878	-0,5442	-3,3337	-2,605	-3,1492	356,20017	353,52	0,75814
	5. Idul Fitri I	336,583	-5,6249	-4,9406	-0,6843	4,9908	0,05017	336,75137	317,65	6,01334
	6. Idul Fitri II	330,093	-2,2395	-2,7009	0,46134	4,9908	2,28993	337,65139	322,70	4,63322
Hari Raya Kristen	1. Wafat Isa Almasih	341,933	-0,5652	0,62446	-1,1896	-1,0021	-0,3776	340,64121	340,00	0,18859
	2. Kenaikan Isa Almasih	370,92	-0,6066	-2,1482	1,54156	1,9986	-0,1496	370,36524	368,67	0,45983
	3. Natal	364,24	1,86141	1,70454	0,15687	-0,9825	0,72204	366,86996	371,02	1,11855
Hari Raya Hindu/Budha/Tionghoa	1. Nyepi	331,838	4,69582	0,08422	4,6116	4,3699	4,45412	346,61794	347,42	0,23086
	2. Tahun Baru Imlek	317,563	0,98799	1,77452	-0,7865	-1,0005	0,77402	320,0205	320,70	0,21188
	3. Waisak	360,635	-2,3001	0,91638	-3,2165	-1,6273	-0,7109	358,07116	352,34	1,6266
MAPE										1,2233

Lampiran B.5.2 Tabel rekapitulasi hasil peramalan IT2FIS-BBBC untuk tahun 2012

Kelompok	Nama Hari Libur	Tahun 2012								
		MaxWD	LD _{MAX}	TLD _{MAX}	VLD _{MAX}	Forecast VLD _{MA}	Forecast LD _{MAX}	Peramalan (MW)	Aktual (MW)	Error (%)
Hari Libur Umum	1. Tahun Baru Masehi	301,55	5,18985	-1,0872	6,27707	4,9918	3,90458	313,32427	317,20	1,22186
	2. Proklamasi Kemerdekaan RI	349,18	-3,7173	-0,9331	-2,7842	-3	-3,9331	335,44655	336,20	0,22411
Hari Libur Islam	1. Idul Adha	352,81	-0,1531	-3,0284	2,87539	3	-0,0284	352,70964	352,27	0,1248
	2. Tahun Baru Hijriyah	372,963	-4,1727	-0,3047	-3,868	-3,96	-4,2647	357,05694	357,40	0,09599
	3. Maulid Nabi Muhammad SAW	325,305	1,11126	-0,6661	1,77738	1,9975	1,33138	329,63606	328,92	0,2177
	4. Isra Mi'raj	367,783	-3,878	-0,5442	-3,3337	-2,6856	-3,2298	355,90373	353,52	0,67429
	5. Idul Fitri I	336,583	-5,6249	-4,9406	-0,6843	4,9911	0,05047	336,75238	317,65	6,01366
	6. Idul Fitri II	330,093	-2,2395	-2,7009	0,46134	4,9916	2,29073	337,65403	322,70	4,63404
Hari Raya Kristen	1. Wafat Isa Almasih	341,933	-0,5652	0,62446	-1,1896	-0,9792	-0,3547	340,71952	340,00	0,21162
	2. Kenaikan Isa Almasih	370,92	-0,6066	-2,1482	1,54156	1,9982	-0,15	370,36376	368,67	0,45942
	3. Natal	364,24	1,86141	1,70454	0,15687	-0,9739	0,73064	366,90129	371,02	1,11011
Hari Raya Hindu/Budha/Tionghoa	1. Nyepi	331,838	4,69582	0,08422	4,6116	4,4301	4,51432	346,81771	347,42	0,17336
	2. Tahun Baru Imlek	317,563	0,98799	1,77452	-0,7865	-0,9799	0,79462	320,08592	320,70	0,19148
	3. Waisak	360,635	-2,3001	0,91638	-3,2165	-1,6573	-0,7409	357,96297	352,34	1,59589
MAPE										1,21059

Lampiran B.6.1 Tabel rekapitulasi hasil peramalan IT2FIS untuk tahun 2013

Kelompok	Nama Hari Libur	Tahun 2013								
		MaxWD	LD _{MAX}	TLD _{MAX}	VLD _{MAX}	Forecast VLD _{MA}	Forecast LD _{MAX}	Peramalan (MW)	Aktual (MW)	Error (%)
Hari Libur Umum	1. Tahun Baru Masehi	353,798	-0,07	-0,3026	0,23263	0	-0,3026	352,72697	353,55	0,23279
	2. Proklamasi Kemerdekaan RI	411,755	0,51851	-1,2811	1,7996	1,9019	0,62081	414,31123	413,89	0,10177
Hari Libur Islam	1. Idul Adha	442,61	-1,6086	-2,669	1,06038	1,001	-1,668	435,22717	435,49	0,06035
	2. Tahun Baru Hijriyah	438,123	-2,0616	-0,7882	-1,2735	-0,5982	-1,3864	432,04856	429,09	0,6895
	3. Maulid Nabi Muhammad SAW	376,138	-2,3841	-0,4439	-1,9402	-1,9993	-2,4432	366,94755	367,17	0,06059
	4. Isra Mi'raj	445,59	-3,9274	-0,961	-2,9664	-3	-3,961	427,9404	428,09	0,03495
	5. Idul Fitri I	405,885	-9,3857	-5,0262	-4,3595	-3,8775	-8,9037	369,74636	367,79	0,53192
	6. Idul Fitri II	396,185	-5,5517	-2,6432	-2,9085	-3	-5,6432	373,82749	374,19	0,09688
Hari Raya Kristen	1. Wafat Isa Almasih	409,345	0,31392	0,47575	-0,1618	-0,1628	0,31295	410,62606	410,63	0,00096
	2. Kenaikan Isa Almasih	426,778	0,09665	-1,9555	2,05212	0,9275	-1,028	422,39037	427,19	1,12354
	3. Natal	424,985	-0,8459	1,72415	-2,5701	-2,769	-1,0449	420,54454	421,39	0,20064
Hari Raya Hindu/ Budha/ Tionghoa	1. Nyepi	362,39	2,35106	0,66067	1,69039	1,9995	2,66017	372,0302	370,91	0,30201
	2. Tahun Baru Imlek	380,13	-4,8615	1,67621	-6,5377	-0,7266	0,94961	383,73973	361,65	6,10804
	3. Waisak	435,758	-0,8462	0,51431	-1,3605	-1,0014	-0,4871	433,63499	432,07	0,36221
									MAPE	0,70758

Lampiran B.6.2 Tabel rekapitulasi hasil peramalan IT2FIS-BBBC untuk tahun 2013

Kelompok	Nama Hari Libur	Tahun 2013								
		MaxWD	LD _{MAX}	TLD _{MAX}	VLD _{MAX}	Forecast VLD _{MA}	Forecast LD _{MAX}	Peramalan (MW)	Aktual (MW)	Error (%)
Hari Libur Umum	1. Tahun Baru Masehi	353,798	-0,07	-0,3026	0,23263	0	-0,3026	352,72697	353,55	0,23279
	2. Proklamasi Kemerdekaan RI	411,755	0,51851	-1,2811	1,7996	1,9064	0,62531	414,32976	413,89	0,10625
Hari Libur Islam	1. Idul Adha	442,61	-1,6086	-2,669	1,06038	0,9991	-1,6699	435,21876	435,49	0,06228
	2. Tahun Baru Hijriyah	438,123	-2,0616	-0,7882	-1,2735	-0,6081	-1,3963	432,00519	429,09	0,67939
	3. Maulid Nabi Muhammad SAW	376,138	-2,3841	-0,4439	-1,9402	-1,9992	-2,4431	366,94792	367,17	0,06048
	4. Isra Mi'raj	445,59	-3,9274	-0,961	-2,9664	-3	-3,961	427,9404	428,09	0,03495
	5. Idul Fitri I	405,885	-9,3857	-5,0262	-4,3595	-3,8796	-8,9058	369,73784	367,79	0,52961
	6. Idul Fitri II	396,185	-5,5517	-2,6432	-2,9085	-3	-5,6432	373,82749	374,19	0,09688
Hari Raya Kristen	1. Wafat Isa Almasih	409,345	0,31392	0,47575	-0,1618	-0,1507	0,32505	410,67559	410,63	0,0111
	2. Kenaikan Isa Almasih	426,778	0,09665	-1,9555	2,05212	0,9078	-1,0477	422,30629	427,19	1,14322
	3. Natal	424,985	-0,8459	1,72415	-2,5701	-2,6859	-0,9618	420,89771	421,39	0,11683
Hari Raya Hindu/ Budha/ Tionghoa	1. Nyepi	362,39	2,35106	0,66067	1,69039	1,9989	2,65957	372,02802	370,91	0,30143
	2. Tahun Baru Imlek	380,13	-4,8615	1,67621	-6,5377	-0,7217	0,95451	383,75836	361,65	6,11319
	3. Waisak	435,758	-0,8462	0,51431	-1,3605	-0,9824	-0,4681	433,71778	432,07	0,38137
									MAPE	0,70498

LAMPIRAN C

Lampiran C.1 Tabel Beban Puncak Sistem Kelistrikan Kalselteng Hari-hari Libur Tahun 2005

Kelompok	Nama Hari Libur	Hari Ke -					WD _{MAX}	LD _{MAX}
		H-4 (MW)	H-3 (MW)	H-2 (MW)	H-1 (MW)	H (MW)		
Hari Libur Umum	1. Tahun Baru Masehi	213,66	210,10	213,53	206,71	209,00	211	-0,9479
	2. Proklamasi Kemerdekaan RI	212,28	216,47	206,55	233,82	205,96	217,28	-5,2099
Hari Libur Islam	1. Idul Adha	221,26	219,62	206,80	204,41	183,28	213,0225	-13,962
	2. Tahun Baru Hijriyah	203,58	223,38	225,06	198,46	201,86	212,62	-5,0607
	3. Maulid Nabi Muhammad SAW	219,81	225,16	231,28	223,53	220,36	224,945	-2,0383
	4. Isra Mi'raj	215,26	226,04	234,88	234,08	232,65	227,565	2,23453
	5. Idul Fitri I	210,16	213,43	206,13	204,34	201,19	208,515	-3,5129
	6. Idul Fitri II	213,43	206,13	204,34	201,19	205,43	206,2725	-0,4084
Hari Raya Kristen	1. Wafat Isa Almasih	209,13	222,51	220,71	213,55	220,30	216,475	1,76695
	2. Kenaikan Isa Almasih	218,59	227,64	224,03	226,97	213,08	224,3075	-5,0054
	3. Natal	187,09	194,72	198,50	203,46	204,33	195,9425	4,27804
Hari Raya Hindu/Budha/Tionghoa	1. Nyepi	226,46	228,19	211,38	226,44	219,31	223,1175	-1,7065
	2. Tahun Baru Imlek	214,23	203,58	223,38	225,06	198,46	216,5613	-8,3585
	3. Waisak	225,53	223,54	219,14	221,79	226,80	222,5	1,93258

Lampiran C.2 Tabel Beban Puncak Sistem Kelistrikan Kalselteng Hari-hari Libur Tahun 2006

Kelompok	Nama Hari Libur	Hari Ke -					WD _{MAX}	LD _{MAX}
		H-4 (MW)	H-3 (MW)	H-2 (MW)	H-1 (MW)	H (MW)		
Hari Libur Umum	1. Tahun Baru Masehi	224,85	220,14	232,84	207,59	206,86	221,355	-6,5483
	2. Proklamasi Kemerdekaan RI	216,97	232,80	233,34	236,28	229,14	229,848	-0,3078
Hari Libur Islam	1. Idul Adha	234,80	231,80	226,89	204,01	197,78	224,375	-11,853
	2. Tahun Baru Hijriyah	231,94	229,55	233,40	223,50	216,97	229,598	-5,4998
	3. Maulid Nabi Muhammad SAW	231,52	228,15	215,95	209,81	221,63	221,358	0,1231
	4. Isra Mi'raj	229,14	233,81	235,02	244,07	231,60	235,51	-1,6602
	5. Idul Fitri I	235,36	242,07	220,79	218,36	224,39	229,145	-2,0751
	6. Idul Fitri II	242,07	220,79	218,36	224,39	218,61	226,403	-3,4419
Hari Raya Kristen	1. Wafat Isa Almasih	221,63	234,71	221,11	218,80	225,00	224,063	0,41841
	2. Kenaikan Isa Almasih	220,44	219,05	229,05	223,82	231,84	223,09	3,92218
	3. Natal	224,26	215,05	211,52	208,70	221,63	214,883	3,14009
Hari Raya Hindu/Budha/Tionghoa	1. Nyepi	226,46	228,19	211,38	226,44	219,31	223,118	-1,7065
	2. Tahun Baru Imlek	222,12	231,31	231,94	229,55	233,40	228,73	2,04171
	3. Waisak	233,16	233,09	239,01	236,28	231,78	235,385	-1,5315

Lampiran C.3 Tabel Beban Puncak Sistem Kelistrikan Kalselteng Hari-hari Libur Tahun 2007

Kelompok	Nama Hari Libur	Hari Ke -					WD _{MAX}	LD _{MAX}
		H-4 (MW)	H-3 (MW)	H-2 (MW)	H-1 (MW)	H (MW)		
Hari Libur Umum	1. Tahun Baru Masehi	217,63	217,14	224,13	195,75	221,08	213,66	3,4716
	2. Proklamasi Kemerdekaan RI	243,30	238,90	242,80	246,35	245,95	242,84	1,28172
Hari Libur Islam	1. Idul Adha	194,70	241,70	182,20	225,80	233,15	211,10	10,4453
	2. Tahun Baru Hijriyah	223,35	226,66	220,80	220,27	220,43	222,77	-1,0504
	3. Maulid Nabi Muhammad SAW	249,07	241,41	242,17	238,52	235,21	242,79	-3,123
	4. Isra Mi'raj	243,80	246,35	241,40	242,70	248,40	243,56	1,98614
	5. Idul Fitri I	237,95	237,95	233,90	228,90	226,40	234,68	-3,5262
	6. Idul Fitri II	237,95	233,90	228,90	226,40	227,45	231,79	-1,8713
Hari Raya Kristen	1. Wafat Isa Almasih	237,39	240,09	231,45	236,47	231,72	236,35	-1,959
	2. Kenaikan Isa Almasih	245,50	243,50	243,30	233,60	241,50	241,48	0,01035
	3. Natal	233,65	250,00	249,80	241,40	239,05	243,71	-1,9131
Hari Raya Hindu/Budha/Tionghoa	1. Nyepi	230,46	243,96	228,41	221,44	219,34	231,07	-5,0754
	2. Tahun Baru Imlek	182,13	183,34	185,87	190,25	194,70	185,40	5,0176
	3. Waisak	237,10	234,45	233,40	245,90	246,00	237,71	3,48635

Lampiran C.4 Tabel Beban Puncak Sistem Kelistrikan Kalselteng Hari-hari Libur Tahun 2008

Kelompok	Nama Hari Libur	Hari Ke -					WD _{MAX}	LD _{MAX}
		H-4 (MW)	H-3 (MW)	H-2 (MW)	H-1 (MW)	H (MW)		
Hari Libur Umum	1. Tahun Baru Masehi	243,80	242,90	240,00	238,40	240,00	241,275	-0,5284
	2. Proklamasi Kemerdekaan RI	239,20	236,50	241,10	229,55	239,00	236,588	1,01971
Hari Libur Islam	1. Idul Adha	224,25	222,95	233,10	198,60	212,65	219,725	-3,2199
	2. Tahun Baru Hijriyah	241,20	248,10	250,00	244,10	247,00	245,85	0,46776
	3. Maulid Nabi Muhammad SAW	253,10	238,40	251,60	253,30	245,70	249,1	-1,3649
	4. Isra Mi'raj	225,95	233,80	230,95	227,95	239,40	229,663	4,23992
	5. Idul Fitri I	236,10	239,40	237,30	229,70	219,65	235,625	-6,7798
	6. Idul Fitri II	239,40	237,30	229,70	219,65	218,05	231,513	-5,815
Hari Raya Kristen	1. Wafat Isa Almasih	238,40	251,60	253,30	245,70	250,20	247,25	1,19312
	2. Kenaikan Isa Almasih	238,30	243,00	247,25	239,10	230,20	241,913	-4,8416
	3. Natal	224,65	222,55	230,00	233,80	240,50	227,75	5,59824
Hari Raya Hindu/Budha/Tionghoa	1. Nyepi	223,60	216,10	218,65	215,50	222,30	218,463	1,75659
	2. Tahun Baru Imlek	228,20	247,40	243,20	244,05	250,30	240,713	3,98297
	3. Waisak	242,50	244,50	244,65	238,50	237,60	242,538	-2,0358

Lampiran C.5 Tabel Beban Puncak Sistem Kelistrikan Kalselteng Hari-hari Libur Tahun 2009

Kelompok	Nama Hari Libur	Hari Ke -					WD _{MAX}	LD _{MAX}
		H-4 (MW)	H-3 (MW)	H-2 (MW)	H-1 (MW)	H (MW)		
Hari Libur Umum	1. Tahun Baru Masehi	233,92	228,45	229,35	234,35	240,95	231,518	4,07421
	2. Proklamasi Kemerdekaan RI	224,60	243,80	233,60	248,30	249,10	237,575	4,8511
Hari Libur Islam	1. Idul Adha	235,10	235,40	245,65	249,75	243,20	241,475	0,71436
	2. Tahun Baru Hijriyah	224,20	233,10	243,70	240,10	246,50	235,275	4,77101
	3. Maulid Nabi Muhammad SAW	239,15	240,90	242,90	245,70	242,60	242,163	0,18066
	4. Isra Mi'raj	246,80	249,20	243,10	244,70	229,90	245,95	-6,5257
	5. Idul Fitri I	248,40	247,80	242,40	241,20	230,90	244,95	-5,7359
	6. Idul Fitri II	247,80	242,40	241,20	230,90	234,20	240,575	-2,6499
Hari Raya Kristen	1. Wafat Isa Almasih	246,80	243,20	245,00	242,70	244,80	244,425	0,15342
	2. Kenaikan Isa Almasih	247,10	242,70	246,20	246,60	249,20	245,65	1,44515
	3. Natal	245,25	245,84	238,70	248,62	250,50	244,603	2,41105
Hari Raya Hindu/Budha/Tionghoa	1. Nyepi	240,58	243,15	243,35	244,45	235,20	242,5	-3,0103
	2. Tahun Baru Imlek	243,10	239,70	231,55	228,45	242,50	235,7	2,88502
	3. Waisak	244,50	248,60	245,55	245,00	248,55	245,913	1,07254

Lampiran C.6 Tabel Beban Puncak Sistem Kelistrikan Kalselteng Hari-hari Libur Tahun 2010

Kelompok	Nama Hari Libur	Hari Ke -					WD _{MAX}	LD _{MAX}
		H-4 (MW)	H-3 (MW)	H-2 (MW)	H-1 (MW)	H (MW)		
Hari Libur Umum	1. Tahun Baru Masehi	234,57	243,62	252,36	255,80	245,60	246,588	-0,4005
	2. Proklamasi Kemerdekaan RI	282,65	265,05	267,30	267,55	262,60	270,638	-2,9698
Hari Libur Islam	1. Idul Adha	281,20	276,30	274,25	266,95	271,35	274,675	-1,2105
	2. Tahun Baru Hijriyah	247,65	276,10	276,10	276,00	279,10	268,963	3,76911
	3. Maulid Nabi Muhammad SAW	244,40	254,50	256,00	254,60	259,00	252,375	2,62506
	4. Isra Mi'raj	216,10	211,80	201,90	205,30	205,10	208,775	-1,7603
	5. Idul Fitri I	264,40	255,35	266,65	254,70	254,60	260,275	-2,1804
	6. Idul Fitri II	255,35	266,65	254,70	254,60	239,40	257,825	-7,1463
Hari Raya Kristen	1. Wafat Isa Almasih	249,40	245,90	239,20	245,30	241,80	244,95	-1,286
	2. Kenaikan Isa Almasih	264,50	262,20	256,15	255,05	252,55	259,475	-2,6689
	3. Natal	280,75	267,85	268,25	273,10	266,53	272,488	-2,1863
Hari Raya Hindu/Budha/Tionghoa	1. Nyepi	248,40	250,40	260,00	256,20	268,50	253,75	5,81281
	2. Tahun Baru Imlek	240,80	245,20	241,10	241,10	243,50	242,05	0,59905
	3. Waisak	256,40	256,80	266,30	262,00	258,20	260,375	-0,8353

Lampiran C.7 Tabel Beban Puncak Sistem Kelistrikan Kalselteng Hari-hari Libur Tahun 2011

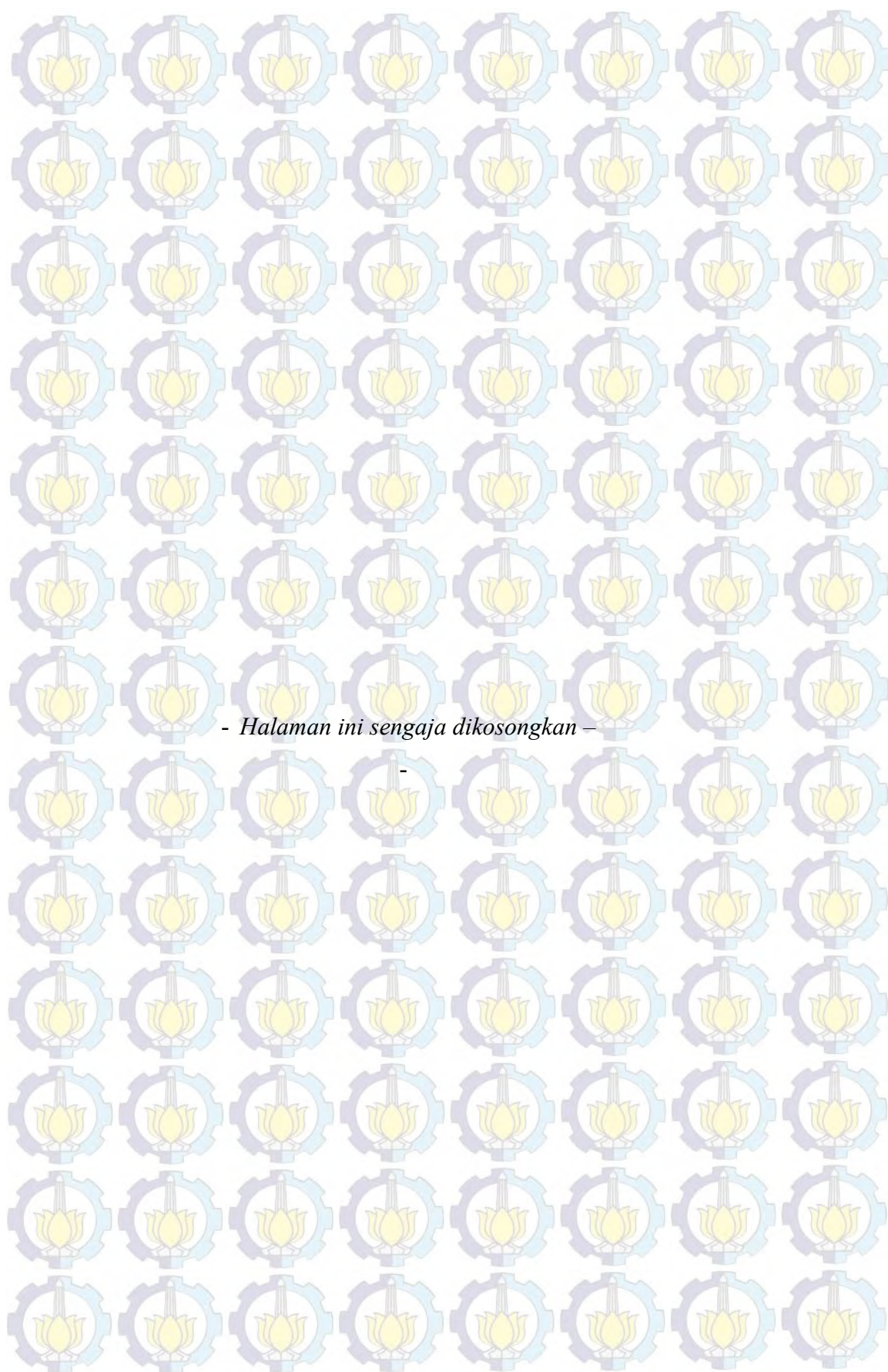
Kelompok	Nama Hari Libur	Hari Ke -					WD _{MAX}	LD _{MAX}
		H-4 (MW)	H-3 (MW)	H-2 (MW)	H-1 (MW)	H (MW)		
Hari Libur Umum	1. Tahun Baru Masehi	285,10	287,70	290,85	282,50	267,25	286,538	-6,7312
	2. Proklamasi Kemerdekaan RI	328,50	327,40	328,70	308,60	306,50	323,3	-5,1964
Hari Libur Islam	1. Idul Adha	311,70	313,80	309,30	305,00	303,40	309,95	-2,1132
	2. Tahun Baru Hijriyah	314,00	314,30	314,40	311,40	315,00	313,525	0,47046
	3. Maulid Nabi Muhammad SAW	276,50	278,90	278,40	278,45	275,10	278,063	-1,0654
	4. Isra Mi'raj	303,10	293,40	298,30	292,80	290,00	296,9	-2,324
	5. Idul Fitri I	309,90	284,30	308,40	297,50	267,70	300,025	-10,774
	6. Idul Fitri II	284,30	308,40	297,50	267,70	296,50	289,475	2,42681
Hari Raya Kristen	1. Wafat Isa Almasih	286,30	244,50	285,10	285,90	286,70	275,45	4,08423
	2. Kenaikan Isa Almasih	300,80	302,70	283,40	304,40	274,30	297,825	-7,8989
	3. Natal	313,00	301,90	311,80	315,40	312,40	310,525	0,60382
Hari Raya Hindu/Budha/Tionghoa	1. Nyepi	262,20	258,00	267,20	270,40	276,40	264,45	4,51881
	2. Tahun Baru Imlek	217,90	289,10	284,30	280,85	284,80	268,038	6,25379
	3. Waisak	287,80	291,50	299,90	304,40	308,70	295,9	4,32579

Lampiran C.8 Tabel Beban Puncak Sistem Kelistrikan Kalselteng Hari-hari Libur Tahun 2012

Kelompok	Nama Hari Libur	Hari Ke -					WD _{MAX}	LD _{MAX}
		H-4 (MW)	H-3 (MW)	H-2 (MW)	H-1 (MW)	H (MW)		
Hari Libur Umum	1. Tahun Baru Masehi	286,10	307,00	313,00	300,10	317,20	301,55	5,18985
	2. Proklamasi Kemerdekaan RI	356,55	350,29	343,61	346,27	336,20	349,18	-3,7173
Hari Libur Islam	1. Idul Adha	381,23	378,13	308,45	343,43	352,27	352,81	-0,1531
	2. Tahun Baru Hijriyah	356,40	376,25	378,56	380,64	357,40	372,963	-4,1727
	3. Maulid Nabi Muhammad SAW	313,64	334,35	328,18	325,05	328,92	325,305	1,11126
	4. Isra Mi'raj	367,29	371,99	370,13	361,72	353,52	367,783	-3,878
	5. Idul Fitri I	343,61	346,27	336,20	320,25	317,65	336,583	-5,6249
	6. Idul Fitri II	346,27	336,20	320,25	317,65	322,70	330,093	-2,2395
Hari Raya Kristen	1. Wafat Isa Almasih	356,25	338,29	334,13	339,06	340,00	341,933	-0,5652
	2. Kenaikan Isa Almasih	360,63	376,84	370,98	375,23	368,67	370,92	-0,6066
	3. Natal	364,07	361,22	358,15	373,52	371,02	364,24	1,86141
Hari Raya Hindu/Budha/Tionghoa	1. Nyepi	326,24	319,16	339,35	342,60	347,42	331,838	4,69582
	2. Tahun Baru Imlek	308,30	324,92	318,15	318,88	320,70	317,563	0,98799
	3. Waisak	370,58	357,20	351,98	362,78	352,34	360,635	-2,3001

Lampiran C.7 Tabel Beban Puncak Sistem Kelistrikan Kalselteng Hari-hari Libur Tahun 2013

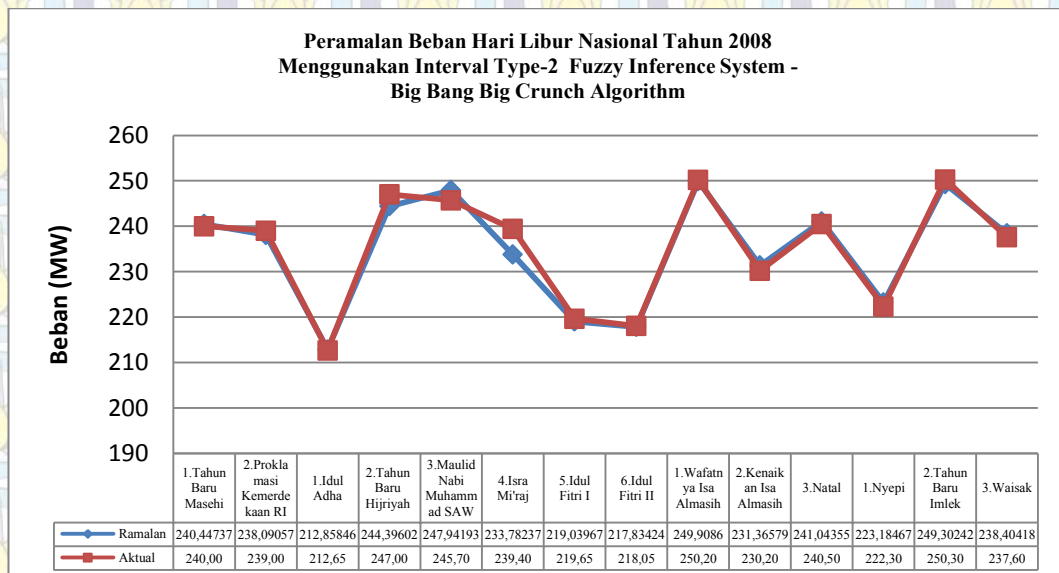
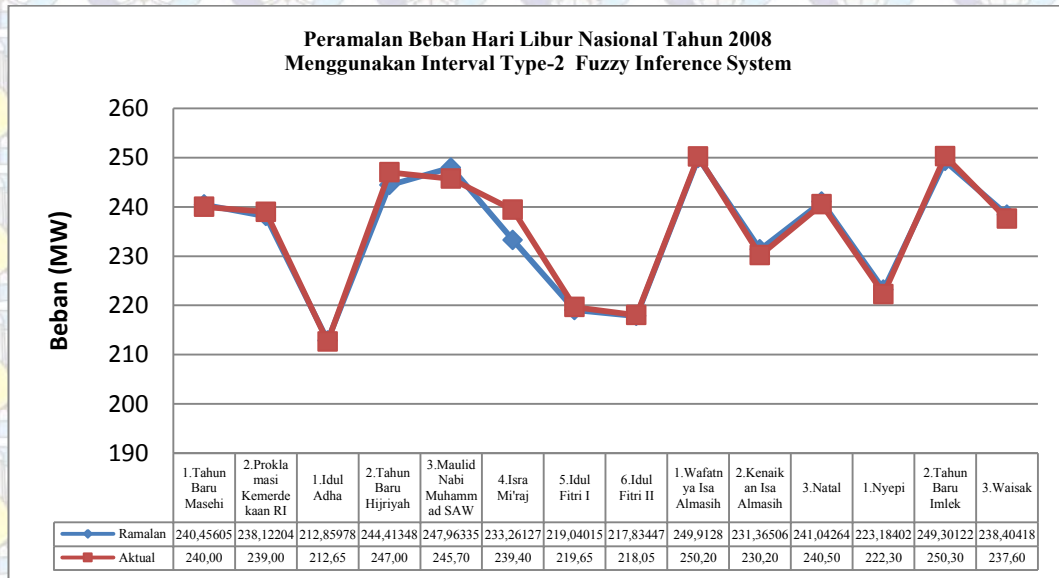
Kelompok	Nama Hari Libur	Hari Ke -					WD _{MAX}	LD _{MAX}
		H-4 (MW)	H-3 (MW)	H-2 (MW)	H-1 (MW)	H (MW)		
Hari Libur Umum	1. Tahun Baru Masehi	353,28	363,12	353,64	345,15	353,55	353,798	-0,07
	2. Proklamasi Kemerdekaan RI	421,79	428,42	398,92	397,89	413,89	411,755	0,51851
Hari Libur Islam	1. Idul Adha	448,99	441,81	439,79	439,85	435,49	442,61	-1,6086
	2. Tahun Baru Hijriyah	440,14	444,69	434,49	433,17	429,09	438,123	-2,0616
	3. Maulid Nabi Muhammad SAW	362,44	388,92	386,37	366,82	367,17	376,138	-2,3841
	4. Isra Mi'raj	437,09	466,19	455,09	423,99	428,09	445,59	-3,9274
	5. Idul Fitri I	406,59	403,67	410,89	402,39	367,79	405,885	-9,3857
	6. Idul Fitri II	403,67	410,89	402,39	367,79	374,19	396,185	-5,5517
Hari Raya Kristen	1. Wafat Isa Almasih	405,35	424,98	395,63	411,42	410,63	409,345	0,31392
	2. Kenaikan Isa Almasih	428,82	429,31	437,39	411,59	427,19	426,778	0,09665
	3. Natal	401,97	429,29	433,09	435,59	421,39	424,985	-0,8459
Hari Raya Hindu/Budha/Tionghoa	1. Nyepi	395,85	366,90	313,62	373,19	370,91	362,39	2,35106
	2. Tahun Baru Imlek	381,45	388,95	383,07	367,05	361,65	380,13	-4,8615
	3. Waisak	455,27	446,02	408,47	433,27	432,07	435,758	-0,8462



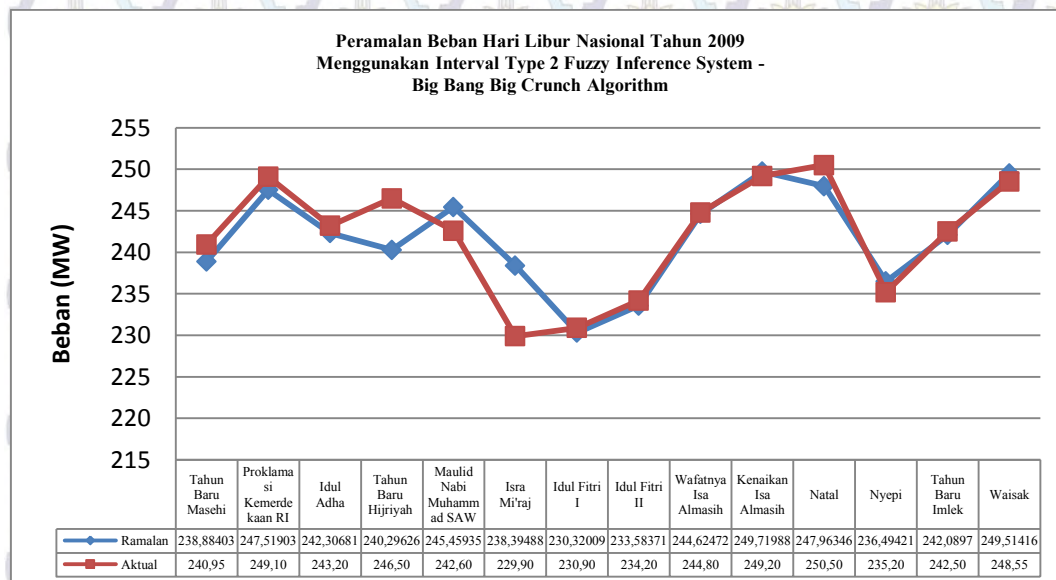
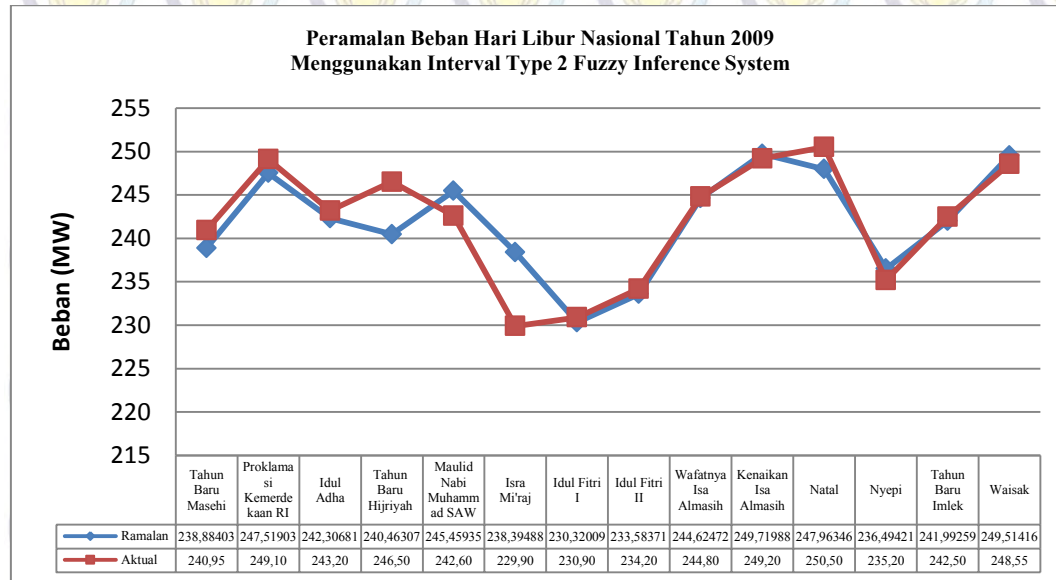
- Halaman ini sengaja dikosongkan -

LAMPIRAN D

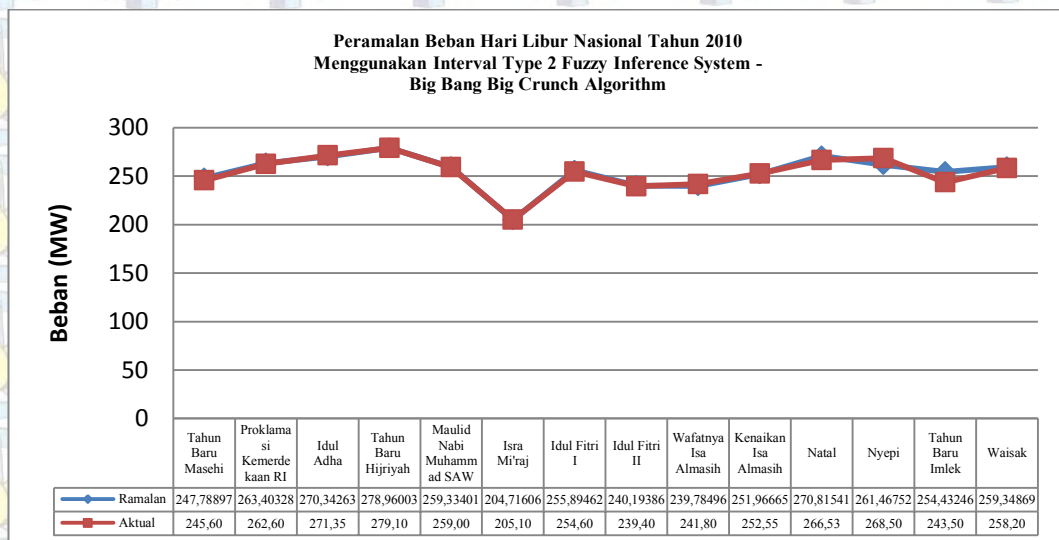
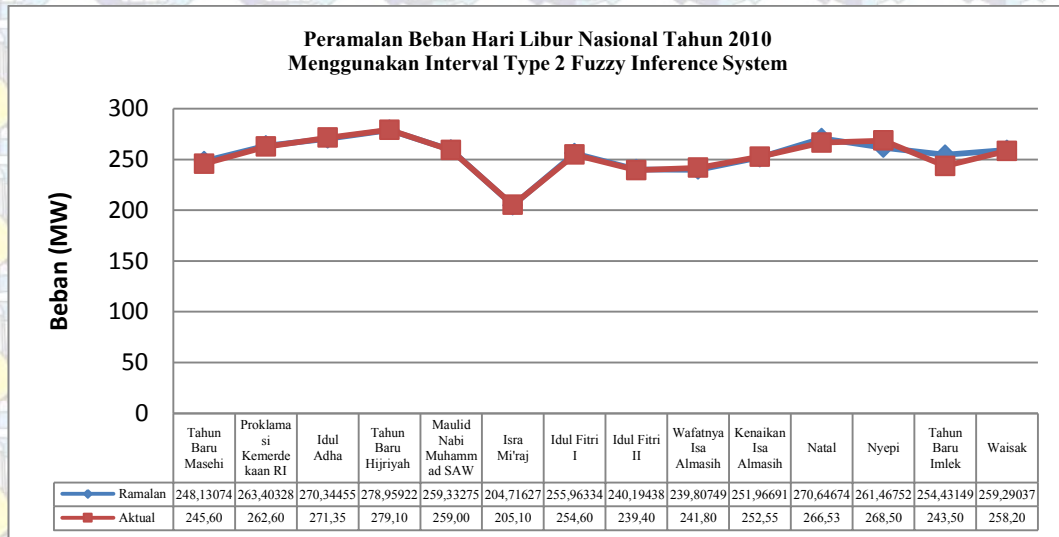
Lampiran D.1 Grafik Peramalan Beban Sistem Kelistrikan Kalselteng Hari Libur Tahun 2008



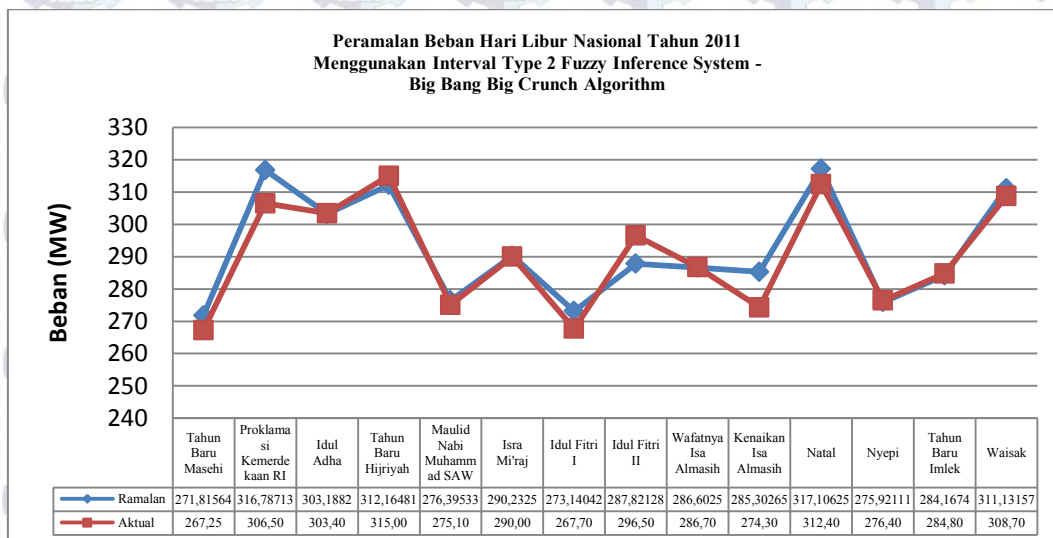
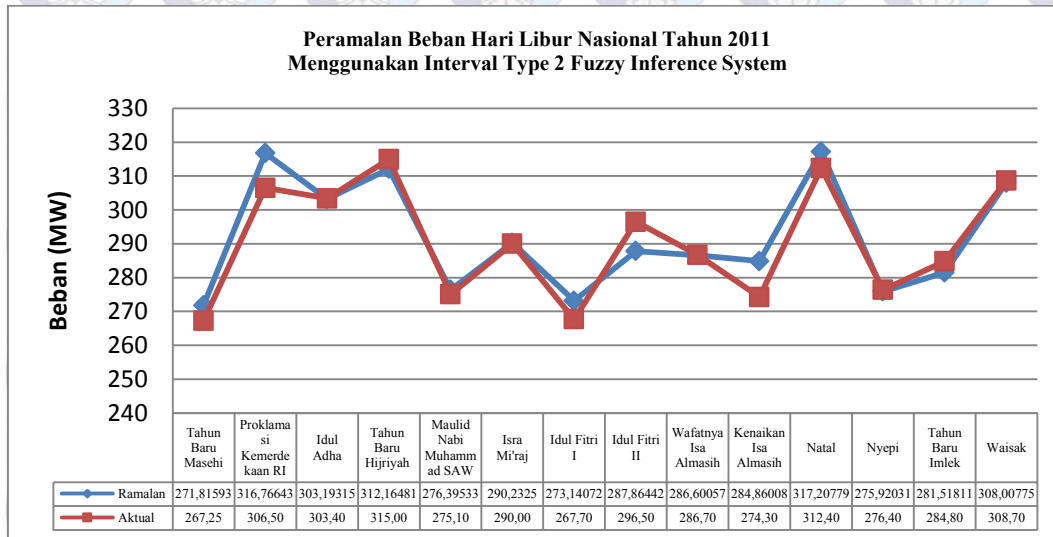
Lampiran D.2 Grafik Peramalan Beban Sistem Kelistrikan Kalselteng Hari Libur Tahun 2009



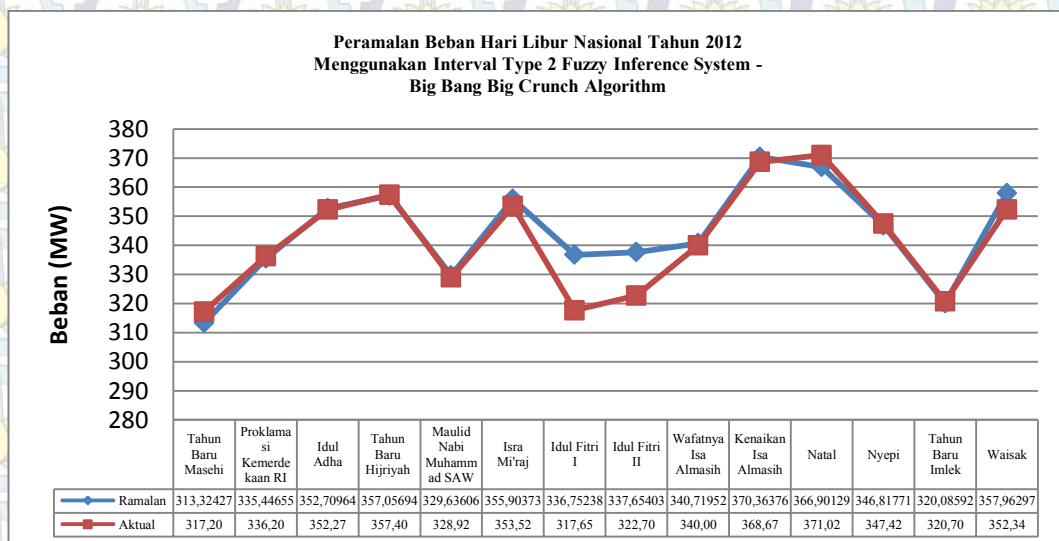
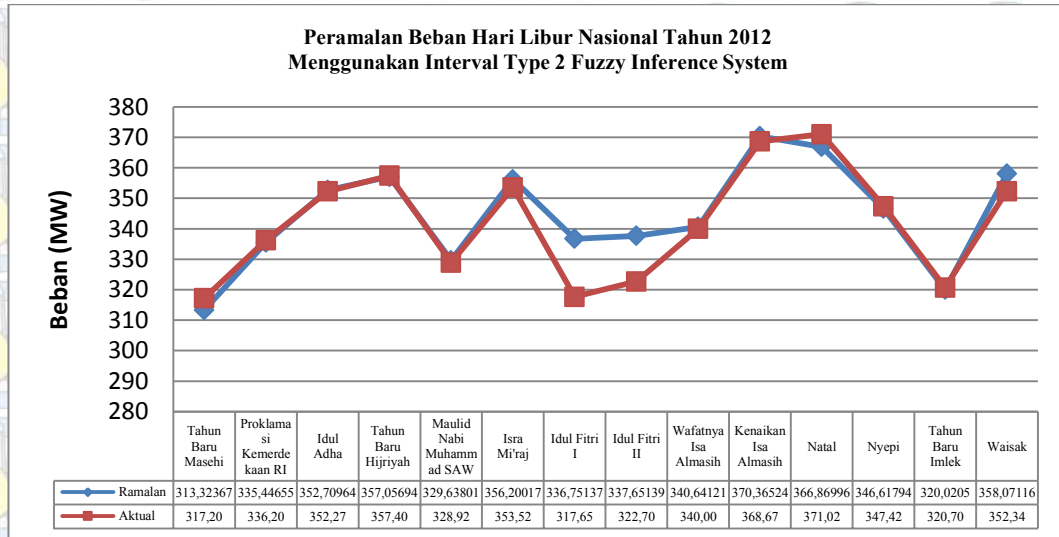
Lampiran D.3 Grafik Peramalan Beban Sistem Kelistrikan Kalselteng Hari Libur Tahun 2010



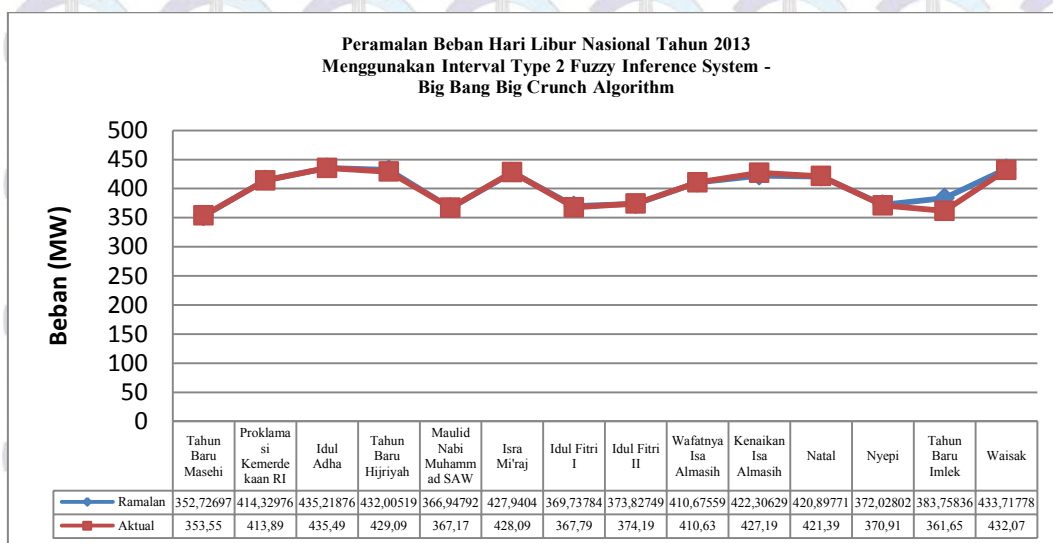
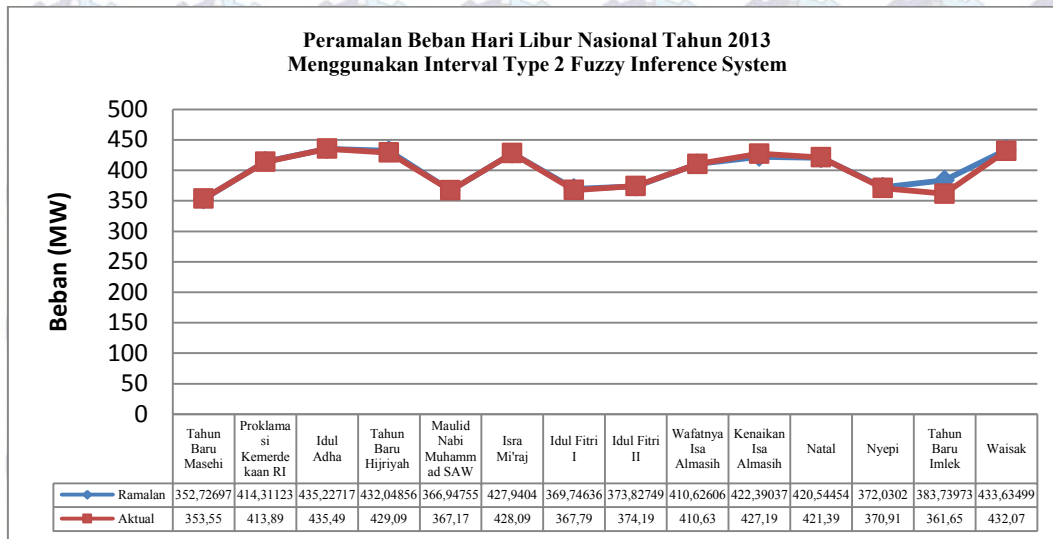
Lampiran D.4 Grafik Peramalan Beban Sistem Kelistrikan Kalselteng Hari Libur Tahun 2011



Lampiran D.5 Grafik Peramalan Beban Sistem Kelistrikan Kalselteng Hari Libur Tahun 2012



Lampiran D.6 Grafik Peramalan Beban Sistem Kelistrikan Kalselteng Hari Libur Tahun 2013



BIOGRAFI PENULIS



Akhmad Ramadhani dilahirkan di Banjarmasin, 01 Juni 1984. Penulis adalah Pegawai Negeri Sipil Daerah Provinsi Kalimantan Selatan yang bertugas di Rumah Sakit Umum Daerah Ulin Banjarmasin. Penulis diberi kesempatan melanjutkan studi S2 Teknik Elektro Bidang Keahlian Teknik Sistem Tenaga pada Institut Teknologi Sepuluh Nopember dengan status Tugas Belajar. Penulis memulai jenjang pendidikannya di SD Sei Jingah 7 Banjarmasin, SLTP Negeri 17 Banjarmasin, dan SMK Telkom Shandy Putra Banjarbaru. Penulis melanjutkan pendidikan S1 Jurusan Teknik Informatika pada Sekolah Tinggi Manajemen dan Informatika (STIMIK) Banjarbaru lulus tahun 2008. Penulis memilih bidang studi Teknik Sistem Tenaga dan aktif dalam kegiatan di Laboratorium *Power System Operation and Control (PSOC)*. Penulis berkonsentrasi pada bidang *Artificial Intelligent, Renewable Energy, Intelligent Power System Control* dan Management Energi. Penulis dapat dihubungi di alamat email dhaniel.electricianrsudulin@gmail.com.

